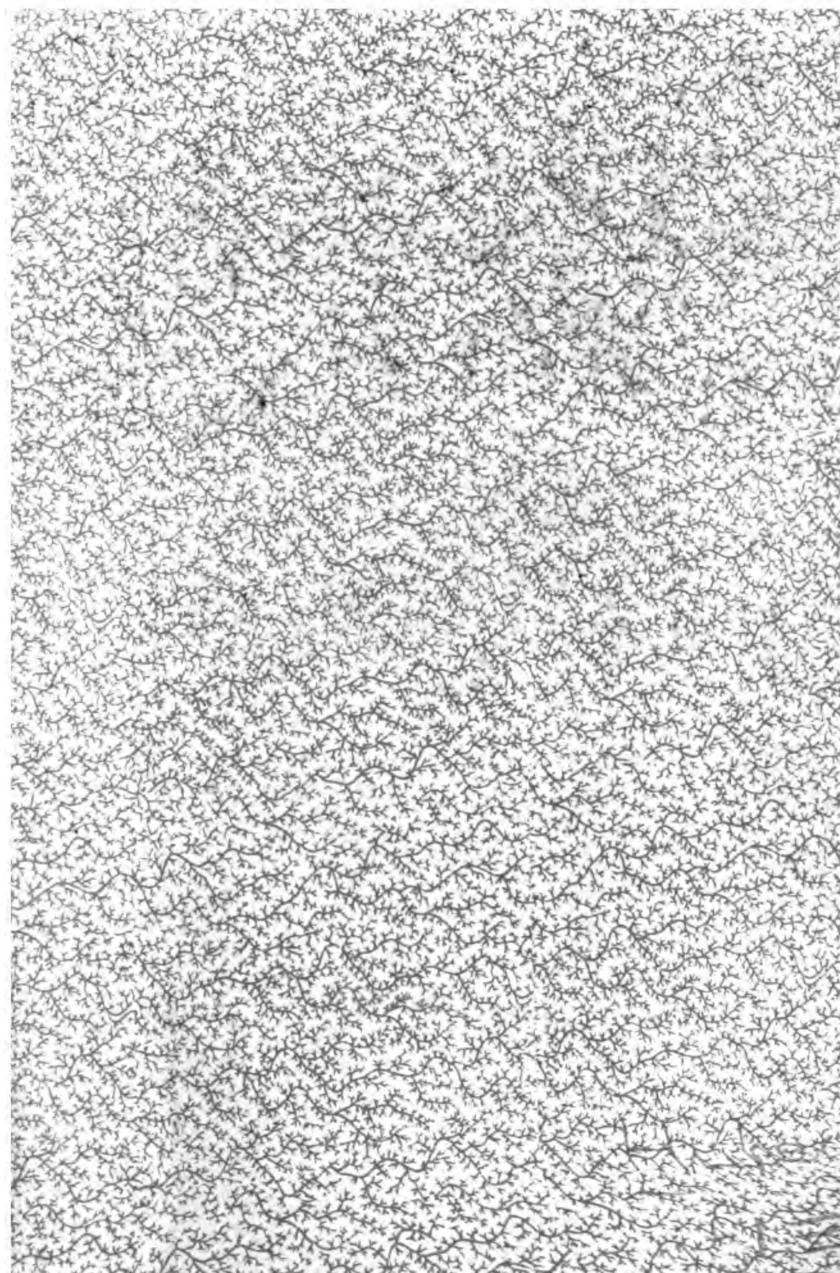
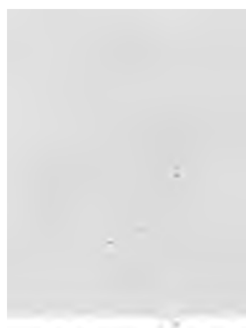






ENCYCLOPÉDIE TECHNOLOGIQUE ET COMMERCIALE

2

Les Pierres

Les Marbres, les Ardoises, le Plâtre

ENCYCLOPÉDIE TECHNOLOGIQUE ET COMMERCIALE

Par E. D'HUBERT

DOCTEUR ÈS SCIENCES
PROFESSEUR A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE COMMERCE DE PARIS
EXAMINATEUR A L'INSTITUT COMMERCIAL

Collection nouvelle en 24 vol. in-16 de 100 p. avec fig., cart. à 1 fr. 50

Souscription aux 24 volumes.................. **32** fr.

I. — LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION ET D'ORNEMENTATION

1. — Le bois et le liège.
2. — Les pierres, les marbres, les ardoises, le plâtre.
3. — Les chaux et ciments, les produits céramiques.
4. — Les verres et cristaux, le diamant et les gemmes.

II. — LA MÉTALLURGIE

5. — Les minerais, les métaux, les alliages.
6. — Les fers, fontes et aciers.
7. — Les métaux usuels (cuivre, zinc, étain, plomb, nickel, aluminium).
8. — Les métaux précieux (mercure, argent, or, platine).

III. — LA GRANDE INDUSTRIE CHIMIQUE

9. — Les matières premières (eau, glace, combustibles).
10. — Les matières éclairantes (pétrole, gaz d'éclairage, acétylène).
11. — Le sel marin, les soudes, les potasses.
12. — Les acides chlorhydrique, sulfurique, azotique. L'eau de Javel.

IV. — LES PRODUITS CHIMIQUES

13. — L'oxygène, les acides, l'ammoniaque, les aluns, les vitriols.
14. — Le salpêtre, les explosifs, les phosphates et les engrais, le phosphore et les allumettes.
15. — Les couleurs, les matières colorantes.
16. — Les parfums, les médicaments, les produits photographiques.

V. — LES PRODUITS INDUSTRIELS ANIMAUX ET VÉGÉTAUX

17. — Les corps gras, les savons et bougies.
18. — Le cuir, les os, l'ivoire, l'écaille, les perles.
19. — Les textiles, les tissus, le papier.
20. — Le caoutchouc, la gutta, le celluloïd, les résines et les vernis.

VI. — LES PRODUITS ALIMENTAIRES

21. — Les aliments animaux (viande, œufs, lait, fromages).
22. — Les aliments végétaux (herbages, fruits, fécules, pain).
23. — Les boissons (vin, bière, vinaigre, alcools, liqueurs).
24. — Les sucres, le cacao, le café, le thé.

8905-02. — Corbeil. Imprimerie Éd. Crété.

LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION



Les Pierres

Les Marbres, les Ardoises
le Plâtre

PAR

E. D'HUBERT

DOCTEUR ÈS SCIENCES
PROFESSEUR A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE COMMERCE DE PARIS
EXAMINATEUR A L'INSTITUT COMMERCIAL

Avec 29 figures

COMPOSITION DE L'ÉCORCE TERRESTRE
Les Pierres
PIERRES DE PAVAGE, DE CONSTRUCTION, D'ORNEMENTATION
Les Marbres
COMMERCE DES PIERRES
Les Ardoises — Le Plâtre
STATISTIQUE DES PIERRES ET DES MARBRES

PARIS
LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS
19, rue Hautefeuille, près du Boulevard Saint-Germain

1903

INTRODUCTION

Pour la construction de ses habitations et de ses édifices, pour les travaux publics, l'homme emploie, en outre du bois et du fer, les matériaux qu'il trouve à la surface de la terre ou dans sa profondeur, et qui constituent une partie de l'écorce terrestre. La mise en œuvre de ces matériaux peut s'effectuer de deux façons bien différentes. Les uns, en raison de leur dureté et de leur résistance, sont employés tels quels ou après un simple façonnage modifiant leurs dimensions : ce sont les *granites*, les *pierres*, les *marbres*. Les autres sont au contraire recherchés pour les matières chimiques qu'ils contiennent, ils sont transformés et divisés de façon à former des matériaux d'union, susceptibles de lier solidement les précédents : ce sont les *chaux* et *mortiers*, les *ciments*, les *bétons*, le *plâtre*.

L'édifice que l'on construirait avec les matériaux précédents ne serait pas complet, et il resterait à garantir ses parties supérieures contre le soleil et la pluie, au moyen d'une couverture ; quoique celle-ci puisse être faite de pierre, l'habitude a prévalu de former les couvertures au moyen d'*ardoises* ou de matériaux du groupe des terres cuites.

Comme on le voit, pour les usages indiqués, l'homme a choisi dans le sol les matières solides, stables, indécomposables et même presque inaltérables à l'air; puis il les a liées entre elles à l'aide de matières fabriquées, plastiques au moment de leur emploi, mais susceptibles de durcir ensuite et d'acquérir l'inaltérabilité des pierres naturelles.

L'étude des matériaux de construction est donc, en grande partie, l'étude de matières extraites du sol, et nous ne saurons mieux la commencer qu'en donnant quelques notions très

sommaires sur la composition de l'écorce terrestre. Le résultat de cet examen géologique et minéralogique rapide sera la connaissance des conditions de gisement des pierres, pierres à bâtir, marbres, pierres à chaux, sables, ardoises, pierres à plâtre.

Nous diviserons ensuite l'étude de façon à grouper, dans un premier chapitre, les matériaux très résistants employés pour les travaux publics, l'empierrement des routes et le pavage. Dans un deuxième chapitre, nous étudierons les *pierres de construction*, et principalement les pierres calcaires. Un troisième chapitre sera consacré aux *pierres d'ornementation*, comprenant les pierres du genre des granites et des porphyres.

Les *marbres*, en raison de leur grande importance, feront l'objet d'une étendue spéciale.

Connaissant les principaux matériaux et leurs qualités, nous pourrons utilement aborder l'étude de leur commerce, comprenant l'étude des carrières, puis celle des transports et du travail des différentes pierres.

Deux chapitres de moindre importance seront consacrés, l'un à l'étude des *ardoises*, l'autre à celle du *plâtre* et de l'albâtre. Pour le plâtre nous examinerons la nature de la pierre à plâtre, la préparation, les propriétés et l'emploi du plâtre; quelques lignes seront réservées au stuc qui tend à remplacer le marbre dans l'ornementation intérieure des édifices et qui fait une sérieuse concurrence à la marbrerie française, si prospère jusqu'à ce jour.

LES PIERRES

COMPOSITION DE L'ÉCORCE TERRESTRE

Toutes les données fournies par la géologie, la minéralogie, la physique et l'astronomie s'accordent pour considérer la Terre comme une masse, sensiblement sphérique, dont la plus grande partie, centrale, est à l'état fluide et à une haute température; l'enveloppe de la masse fluide, sous le nom d'*écorce terrestre*, est une croûte solide, dont l'épaisseur moyenne est estimée à 60 kilomètres, et qui présente de nombreux plissements, dessinant les grands reliefs montagneux, ainsi que de grandes cuvettes affaissées, occupées par les eaux océaniques. Une atmosphère gazeuse, d'une hauteur au moins égale à l'épaisseur de la croûte, et dont la densité est décroissante avec la hauteur, entoure notre planète.

En raison de la valeur (6 360 kilomètres) du rayon terrestre moyen, l'épaisseur de l'écorce est faible (moins de 1/100) et ses dénivellations sont insignifiantes; les hautes montagnes et les grands fonds océaniques ont au maximum 8 kilomètres et demi, ce qui donne 1/700 du rayon moyen. Sur cette étendue, moins de 4 kilomètres sont connus, par des sondages faits en montagne ou en plaine, ces derniers n'ayant pas dépassé la profondeur de 1 500 mètres; aussi faut-il se garder des généralisations séduisantes étendant à toute la terre les connaissances incomplètes acquises par l'étude de la surface.

Les matériaux dont la terre est formée peuvent se ranger sous les trois dénominations de roches ou matières solides, eaux ou matières liquides et air ou matières gazeuses. Entre

ces trois éléments il existe des rapports étroits définissant un équilibre réglé par des réactions mécaniques et chimiques. Nous étudierons spécialement les roches, nous contentant d'indiquer les actions puissantes que les eaux et l'air ont effectuées sur elles.

Roches. — En étudiant une région idéale, d'une régularité théorique, traversée par un trou de sonde vertical, on trouve, au fur et à mesure de la descente, une variation régulière de la composition chimique des roches et de leur température. Les roches les plus légères sont superficielles et leur densité est environ 2 (celle de l'eau est l'unité); sous elles, les roches encore solides de la croûte terrestre ont une densité de 3, ce qui fixe entre 2 et 3 la densité moyenne de l'écorce. Or, la densité générale de la Terre est voisine de 6 (environ 5,5); on est donc amené à accorder à la masse centrale fondue une densité supérieure à 6, environ 8 vers le milieu du rayon terrestre, et 10 au centre même de la Terre.

Une autre constatation importante est celle de l'accroissement régulier de la température, au fur et à mesure de la descente. Si on prend pour origine la température de 4° uniforme à quelques mètres de profondeur en plaine, et toujours réalisée au fond marin, on trouve une augmentation moyenne de 1 degré centigrade pour une descente de 30 mètres, avec un accroissement un peu plus rapide dans une mine métallique. (On nomme *degré géothermique* cette profondeur de 30 mètres qui correspond à un échauffement de 1 degré). C'est ainsi que le forage exécuté à Sperenberg, près Berlin, dans une puissante masse de sel gemme, a donné 21° à 200 mètres, 30° à 500 mètres, 46° à 1 000 mètres, et 48° à 1 250 mètres. Ce phénomène étant général et assez régulier, on est amené à conclure qu'une température d'environ 2 000° doit régner à une profondeur de 60 kilomètres, ce qui prouve l'état fondu du noyau central.

Les conclusions déduites de ces deux observations sont les suivantes : la surface terrestre est formée de roches froides, légères, de composition acide, où domine la silice (quartz) et les silicates alcalins (silicates de potasse, de soude; silicates d'alumine ou argiles). Les roches plus profondes sont moins acides, donc plus basiques, plus lourdes; elles contiennent

moins de produits alcalins, et plus de produits des métaux lourds; elles sont surtout formées de silicates calcaires, magnésiens et ferreux, dont la couleur est déjà assez foncée. Enfin, le noyau central est formé de roches à l'état fondu, lourdes, très basiques, contenant peu d'oxygène (à l'inverse des premières) et fortement chargées en fer; il est à remarquer que la densité 7,8 du fer est voisine de celle que nous avons assignée à la masse centrale, et que les fers météoriques provenant d'astres fragmentés ont une densité égale.

L'écorce terrestre est donc placée entre le noyau igné et l'atmosphère, formant un écran que traverse lentement la chaleur centrale, et subissant des actions puissantes de la part du noyau, de la part des eaux et de l'atmosphère. Le noyau igné a transformé par son contact les couches les plus profondes de l'écorce terrestre, et il a donné des épanchements, des coulées de matières fondues qui ont pénétré cette écorce. Les eaux et l'atmosphère ont agi mécaniquement et chimiquement sur les roches superficielles, elles les ont partiellement transformées et ont créé le manteau des roches dites *sédimentaires*.

L'ensemble des roches, tant éruptives que sédimentaires, est représenté par les types de la figure 1, comprenant le *granite*, le *gneiss*, le *porphyre*, et les sédiments nommés *poudingue* et *brèche*.

GRANITE FONDAMENTAL.

Acceptons la belle hypothèse de Laplace, qui figure à l'origine de la Terre une masse incandescente, gravitant dans l'espace suivant des lois immuables; remarquons l'énorme rayonnement de cette masse, le refroidissement qui en résulte pour elle, et nous concluons à la formation d'une croûte superficielle, formée des matériaux les plus légers, et revêtant l'aspect cristallin. Telle est, à l'origine, la nature de l'écorce terrestre. Peu résistante, cette écorce est fréquemment remaniée, bouleversée, mais elle s'épaissit et forme une surface continue séparant les matières liquides internes des matières gazeuses externes. Uniforme sur toute la surface du globe, la première écorce a la constitution du granite; on la nomme *granite fondamental*.

La roche granite est formée de trois éléments principaux nommés des minéraux, et répondant à une composition chimique définie : le quartz, le feldspath orthose et le mica noir. Ces trois minéraux sont cristallisés en cristaux, visibles à l'œil nu, de couleurs différentes (fig. 1), et forment une roche dure, difficilement altérable.

Le *quartz* ou cristal de roche est de la silice pure (SiO^2), de densité 2,6, affectant dans les granites la forme de grains qui se sont moulés dans les intervalles laissés par les deux autres minéraux, feldspath et mica ; sur une surface de granite polie, le quartz apparaît vitreux, légèrement grisâtre (fig. 1), et les contours de ses plages sont irréguliers. Inaltérable et réfractaire, le quartz est l'élément le plus résistant de la roche.

Les *feldspaths* sont des minéraux composés de la silice et des oxydes métalliques, sortes de verres de fusibilité variable, largement cristallisés dans certaines roches. Le feldspath du granite est dit *feldspath orthose* en raison de la forme de ses cristaux ; c'est un silicate double de potasse et d'alumine ($K^2O,Al^2O^3,6SiO^2$), de densité 2,55, de couleur blanc laiteux (fig. 1), se présentant dans le granite en beaux cristaux ; ceux-ci sont quelquefois rosés par un peu d'oligiste (oxyde de fer).

Les *micas*, dont il existe deux principales variétés de couleur noir et blanc, sont des silicates doubles ; le mica blanc est alumino-potassique, le mica noir est ferro-magnésien. Tous ces micas sont des minéraux cristallisés en lamelles flexibles, à contour souvent hexagonal, présentant un brillant parfait rappelant celui d'un miroir, d'où leur nom ; ils présentent au plus haut degré la propriété du clivage, c'est-à-dire la possibilité de se fendre suivant des directions déterminées, parallèles aux faces des lamelles, en de nombreuses lamelles de plus en plus minces. Le mica du granite est noir (fig. 1), il se distingue facilement des deux autres minéraux ; moins altérable que le feldspath, il l'est cependant plus que le quartz.

La première croûte terrestre, formée du granite fondamental, nous serait inconnue si des bouleversements très importants, si des épanchements puissants datant des premiers âges n'étaient venus apporter ce granite dans des terrains plus superficiels. Faisant abstraction de ces bouleversements,

examinons la première écorce de la Terre après sa consolidation; par sa présence, les matériaux de l'atmosphère, isolés du noyau fondu, sont soumis à un refroidissement que le réchauffement par l'écorce compense peu, et les eaux se pré-

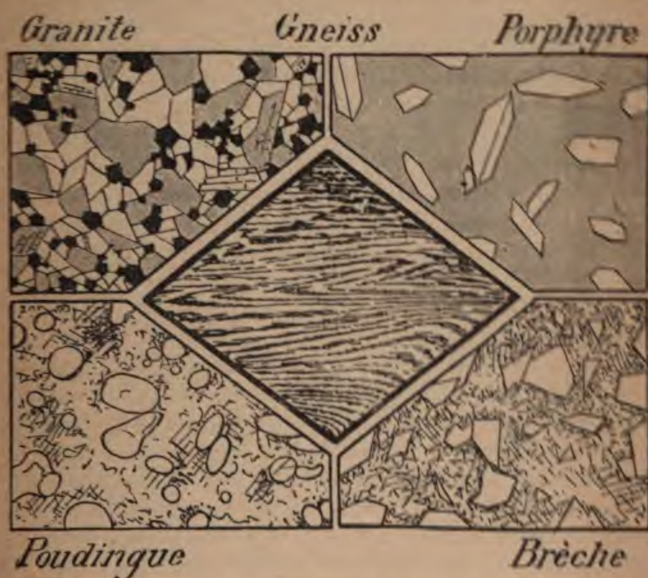


Fig. 1. — Spécimens des principales roches.

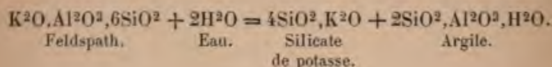
cipitent, s'accumulent dans les bas-fonds des rides de l'écorce; ainsi se constituent peu à peu les océans dans les dépressions, tandis que l'atmosphère acquiert sa transparence. Les grands plissements de l'écorce ayant dénivelé la surface, il y a lieu de distinguer des continents et des mers, une géographie est née, et nous la supposerons immuable pendant de longues séries de siècles.

ROCHES SÉDIMENTAIRES.

La croûte granitique est donc en partie émergée, en partie immergée; elle subit de la part des agents atmosphériques des

modifications profondes, continuelles, quoique irrégulières, et l'exemple de ce que nous pouvons observer suffit pour nous convaincre de la destruction lente des sommets, des reliefs, ayant comme corollaire le comblement graduel des bas-fonds. Sous l'action combinée de l'air oxydant, des eaux qui usent les roches, qui en dissolvent certaines parties, de la glace qui fait éclater les pierres les plus résistantes, la croûte terrestre est sans cesse rongée; dans le cas du granite, ces phénomènes sont les suivants :

L'eau, aidée du gaz carbonique de l'air (eau de pluie ou de ravinement), attaque le feldspath de la roche, elle le dédouble en un silicate de potasse soluble et en un silicate d'alumine hydraté, meuble, qui est la matière fondamentale de l'argile :



$$\underset{\text{Feldspath.}}{K^2O.Al^2O^3,6SiO^2} + \underset{\text{Eau.}}{2H^2O} = \underset{\text{Silicate de potasse.}}{4SiO^2,K^2O} + \underset{\text{Argile.}}{2SiO^2,Al^2O^3,H^2O}.$$

Le silicate de potasse, soluble, est entraîné par l'eau, puis décomposé par l'acide carbonique en carbonate de potasse également soluble et en silice qui sera déposée en formant des roches nouvelles, des concrétions, des dépôts. Le silicate d'alumine hydraté, ou argile, est entraîné par les eaux de ruissellement jusqu'à la mer, où le dépôt de ses particules se fait graduellement, les plus grosses se déposant les premières, les plus fines se déposant loin et très lentement. Une étude des dépôts constitués pendant la période historique, évaluée à trois mille ans environ, montre qu'il faut évaluer l'épaisseur annuelle des apports continentaux à un demi-millimètre dans la zone littorale proche du rivage, à un cinquième de millimètre, jusqu'au 200ᵉ ou 250ᵉ kilomètre au large; au delà, les apports sont presque nuls et leur origine est différente, elle doit être cherchée dans les réactions qui se produisent au sein des eaux. Ainsi, les érosions, les dénudations dues aux intempéries déterminent la formation du dépôt continu dont l'épaisseur atteint 500 mètres par million d'années.

On nomme *sédiments* les matériaux qui ont cette origine et leur solidification lente les transforme en roches, dites *roches* ou *terrains sédimentaires*. La roche que les argiles ont

constituée est le type des roches siliceuses argileuses, telles que les terres glaises, les terres à briques, à porcelaine et à faïences; elles sont aussi la matière première des roches schisteuses, des ardoises.

Tandis que le feldspath du granite est désagrégé et entraîné, les deux autres éléments, quartz et mica noir, ont résisté à une première attaque de l'eau; ils constituent des matériaux de diverses grosseurs, depuis les blocs et les galets, jusqu'aux petits cailloux et aux sables. Tels quels, ils constituent une roche meuble, dite cailloutis ou *arène*, si les éléments sont de moyenne grosseur; *sable*, si les éléments sont fins. Le sable est un nouveau type de roche sédimentaire, il est essentiellement formé de grains de quartz, mais peut contenir des paillettes de mica qui donnent, au soleil, des points brillants; quant à sa coloration jaune habituelle, elle est due aux sels de fer oxydés, presque toujours présents en petite quantité.

Un troisième élément très important des roches sédimentaires est le calcaire ou carbonate de chaux (CO^3Ca); sa formation est, en grande partie, due à l'action des organismes, et sa matière est tirée par eux des sels de chaux contenus dans les sols ou dans les eaux. Nombreux sont les organismes constructeurs de calcaire, mais les principaux sont les petits Foraminifères marins, qui ont pullulé dans certaines anciennes mers, les éponges calcaires dont le squelette est formé de spicules calcaires, les polypiers réunis en récifs coralliens littoraux, et les mollusques de diverses classes, tous munis d'une ou de deux coquilles. Après leur mort, ces organismes ont subi une fossilisation équivalant à une destruction de la matière organique et à un dépôt de la matière calcaire; celle-ci a pu conserver sa forme et constituer les fossiles dont l'histoire est la paléontologie, mais elle a souvent été désagrégée et divisée en fines particules par le charriage ou par les actions violentes que les eaux produisent sur les rivages. A l'état plus ou moins divisé, ces sédiments calcaires sont venus s'ajouter à ceux que nous a donnés la destruction des roches, et ils ont contribué pour une large part à l'édification des terrains sédimentaires.

Les dépôts, à la fois argileux et calcaires, ont constitué les

marnes et les calcaires marneux servant à la fabrication des matériaux hydrauliques.

Stratification. — Les apports sédimentaires, tantôt vaseux (argileux), tantôt sableux, tantôt calcaires, quelquefois caillouteux, sont venus se déposer, et former des couches successives dont l'ordre de superposition est l'ordre chronologique de formation. La nature diverse des matériaux suffit à la distinction de ces couches, et leur ensemble revêt l'aspect d'une série de couches parallèles ou *strates*, dont l'ensemble se nomme une stratification. Les sédiments stratifiés ont subi pendant une durée indéterminable, mais fort longue, des modifications qui les ont amenés à l'état où nous les trouvons aujourd'hui, avec les qualités propres aux diverses pierres.

Durcissement des roches. — Sans qu'il soit possible de fixer dans chaque cas la nature des causes créatrices de la texture des pierres, une cause générale est certaine, celle qui a provoqué le durcissement et la cohésion des matériaux tout d'abord meubles.

Les sédiments sont des masses de particules solides, formées à l'air humide ou sous les eaux, donc oxydées et hydratées; nous pouvons nous les représenter comme de la glaise, de la craie, du sable mouillés. Trois facteurs ont agi sur eux, la pression, l'eau et la température. La nature des matières constituantes: grains de quartz, argile, calcaire, oxyde de fer, alumine, est telle que la pression seule, fût-elle réalisée par une colonne de sable de 50 kilomètres de hauteur (10000 atmosphères de pression), est insuffisante pour l'agglutination. La chaleur seule, à moins de la supposer très élevée, ne réaliserait l'agglutination que par une fusion suivie d'une cristallisation, non observée dans les roches sédimentaires. Le mécanisme de la solidification des roches est plus complexe: l'eau mécaniquement interposée entre les grains en a dissout faiblement la surface, aidée par une pression moyenne; or une telle dissolution possède un volume inférieur à la somme des volumes du solide et de l'eau, ce qui a réalisé une diminution de la pression dans la masse, et provoqué une sursaturation de la solution ; un faible dépôt s'est établi sur les grains, formant un ciment unissant. Un sable artificiellement soumis à

ces conditions, traversé par une eau silicique, ne se cimente cependant pas, mais chacun de ses grains montre une petite couche siliceuse craquelée superficielle, recouvrant le quartz. Soumettons ce sable à une pression moyenne et prolongeons l'expérience, nous obtiendrons peu à peu une roche compacte, dont les éléments seront intimement liés. Dans la nature, même chose s'est produite sous l'action de la pression réalisée par les couches supérieures et du tassement en résultant.

Le durcissement des roches est donc une véritable prise, comparable à celle du plâtre, et il est d'autant plus grand que les trois facteurs ont agi plus longtemps et plus puissamment; ainsi, une roche de même nature se présente très dure, très cohérente quand elle est tirée d'un terrain ancien, encore meuble quand elle est prise dans un terrain jeune, et tous les états intermédiaires peuvent être observés. Les actions qui viennent d'être étudiées ont été aidées par une évaporation lente de l'eau imprégnant les roches, et par une élévation de température due à la chaleur interne et aux actions mécaniques locales.

Schistes. — Examinons les formes de solidification des principaux sédiments, en même temps que les modifications particulières qu'ils ont pu subir, et que l'on nommé *métamorphisme*. Les sédiments vaseux (argiles) ont donné par durcissement des roches siliceuses dures, mais possédant une plasticité particulière qui a permis le développement presque général de la schistosité. On dit qu'une roche est schisteuse quand elle peut se feuilleter (comme l'ardoise), c'est-à-dire se fendre sous l'action d'un choc suivant des plans parallèles. L'expérience montre que cette propriété se développe dans les argiles quand on les soumet à une pression hydraulique puissante, et l'orientation des plans de schistosité est perpendiculaire à la pression.

Dans la nature, la pression locale dans les sédiments anciens a résulté de la contraction de l'écorce terrestre, par suite de la formation des grands plissements montagneux, ce qui fait que l'on trouve les schistes les mieux développés dans les régions bouleversées. La schistosité ne doit pas être confondue avec le clivage; tandis que le clivage est la pro-

[illegible] plusieurs directions [illegible] la schistosité est la pro- [illegible] rement plus de deux direc- tions [illegible]

[illegible] ont été schistés simples. [illegible] feuilletées, et les ardoises, [illegible] admirablement développée.

Calcaires. — [illegible] plus ou moins mêlées des fragments de [illegible] organique, forment par accumulation [illegible] le premier état de [illegible] encore assez friable à [illegible] accumulation puissante fournit les diverses variétés de calcaire, telles que les pierres lithographiques, les pierres à bâtir, les moellons, les pierres à chaux.

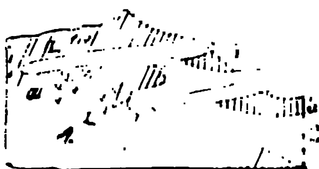


Fig. 2 — [illegible]

Les *marbres* sont dus à l'action d'un métamorphisme de pression sur les calcaires [illegible], comme le montrent les observations faites à [illegible]. Là, au milieu de roches anciennes, [illegible] soumises aux actions éruptives, on trouve [illegible] dont l'angle aigu est transformé en marbre [illegible] est d'âge antérieur aux grands bouleversements [illegible] des Alpes; il a été pincé entre deux plissements [illegible] actions de pression et de température [illegible] provoqué la cristallinité de la masse. C'est donc encore dans les régions bouleversées, montagneuses, que nous [illegible] les marbres, quelquefois voisins des ardoises, comme dans la région ardennaise.

Conglomérats. — Le durcissement des roches formées d'éléments détritiques de diverses grosseurs donne ce que l'on nomme des roches conglomérées, c'est-à-dire résultant de

(1) Tous ces calcaires, et les marbres, font effervescence avec les acides ; ils sont formés de carbonate de calcium, CO^3Ca.

de [illegible]

des [illegible]

par [illegible]

la form[illegible]

naté. Enfin, la [illegible]

beaucoup de cas la [illegible]

fluence d'émanations [illegible]

Tous les gisements des [illegible] constituent ce qu'on appelle des gîtes minéraux non métallifères, par opposition aux gîtes qui renferment les minéraux que l'industrie emploie pour l'extraction des métaux.

ROCHES CRISTALLOPHYLLIENNES.

Le manteau des roches sédimentaires, déposé au sein des eaux, a subi de nombreux et importants changements; les uns ont eu pour effet de modifier la disposition originelle des strates, variant la géographie du globe, déplaçant les continents et les mers, créant des bouleversements que l'homme a mis à profit pour dater les grandes époques géologiques; les autres sont surtout des modifications dans la nature des roches, et ils sont dus à l'intrusion de roches éruptives au sein des sédiments.

Presque à toute époque, le noyau central igné a donné des épanchements de matières fondues, et celles-ci ont consisté en roches granitiques aux premiers âges du globe, puis en *porphyres*, en *basaltes*, et enfin en *laves*. La forme affectée par ces épanchements varie depuis le dôme large, puissant, n'ayant pas crevé le manteau des sédiments, jusqu'au filon qui a parcouru une ligne de moindre résistance du sol, et à la coulée qui résulte de l'étalement de la roche éruptive à la surface. Quelle que soit la forme de l'épanchement d'une roche fondue, les sédiments qui l'avoisinent montrent des modifications graduelles (métamorphisme) allant en s'accentuant jusqu'à la zone de contact. On rapporte ce métamorphisme à l'action de la haute température, à l'action des gaz, des émanations acides qui peut se faire sentir assez loin; enfin à l'infiltration des lits du sédiment par certaines parties très fluides de la roche fondue.

Les roches sédimentaires les plus anciennes, celles qui forment la partie la plus profonde, ont subi ces actions très intenses, elles ont pris de nouveaux caractères qui les font nommer *roches cristallophylliennes*, ou roches feuilletées cristallines. Elles doivent leur feuilletage, leur schistosité à leur origine sédimentaire, tandis que leur cristallinité est le résultat du métamorphisme. Les plus importantes de ces roches peuvent être comprises dans la série suivante que l'on rencontre en profondeur dans l'ordre indiqué. Ayant percé le manteau des roches à caractère sédimentaire net, on trouve

des schistes compacts, des phyllades, puis des schistes à talc ; alors commence la série cristallophyllienne avec l'apparition du mica noir dans les schistes micacés ou *micaschistes* ; elle se continue en montrant le développement des cristaux de feldspath et bientôt de quartz, dans le *gneiss*. Cette dernière roche, dont la composition est souvent identique à celle de certains granites, nous montre les trois éléments fondamentaux, quartz, feldspath et mica, mais disposés en petits lits parallèles, de couleur alternative grise ou rougeâtre, puis noire, et offrant l'aspect rubané (fig. 1) ; les lits noirs sont formés des paillettes de mica, les lits clairs sont formés des deux autres éléments. Par cette roche nous sommes ramenés au granite fondamental, support commun de toutes les roches cristallophylliennes et sédimentaires.

GRANDES DIVISIONS DE L'ÉCORCE TERRESTRE.

La superposition des formations géologiques serait déterminée, dans une région idéale, par un sondage suffisamment profond ; elle établirait l'ordre de succession de ces formations et permettrait de repérer la profondeur à laquelle on trouverait telle ou telle pierre. Un résultat de ce genre, utile pour l'exploitation des mines et carrières, ne peut être obtenu que par une étude complète et minutieuse des formations locales, car les modifications subies par la géographie du globe dans le cours des siècles ont enlevé au phénomène général de sédimentation sa régularité supposée. Nous savons que les grands fonds océaniques sont le siège de dépôts spéciaux et d'importance presque nulle, que, d'autre part, les continents sont soumis à des dénudations ou à des apports irréguliers ; il ne reste guère que les régions marines entourant les rivages pour recevoir les sédiments ; ainsi, actuellement, on estime à 75 millions de kilomètres carrés, soit un cinquième de la surface des océans et un septième de la surface totale de la terre, l'étendue que recouvrent les sédiments marins en voie de dépôt.

Un mouvement local de l'écorce terrestre aura pour conséquence de déplacer la ligne de rivage et d'incliner les sédiments

déjà formés ; la sédimentation se fera à nouveau, dans des conditions différentes, déposant des couches horizontales sur les couches inclinées et créant une *discordance;* mais elle ne pourra se faire sur les terres émergées, et si un deuxième mouvement du sol immerge l'ensemble des régions étudiées, les sédiments de cette troisième époque reposeront en partie sur les sédiments seconds, mais en discordance, en partie sur les sédiments premiers, créant ainsi une *lacune*. Avec ces modifications, tout un cortège de variations caractérisera les formations des trois âges, car le changement de rivage a causé le changement de la falaise dont la destruction est la source des sédiments, en même temps que l'ensemble des conditions de vie des organismes littoraux donnant les fossiles. C'est au moyen de ces trois grands caractères, la disposition des terrains, leur nature, et les fossiles qu'ils contiennent, que le géologue a lu, puis classé les grands épisodes de la vie du globe.

Les formations de même âge ne présentant pas en tous les points la même nature, force a été d'établir un synchronisme, et de désigner chaque époque par une appellation spéciale ; ainsi est née la chronologie géologique, dont les termes sont le plus souvent empruntés aux régions géographiques où les formations ont été étudiées pour la première fois, ou bien celles où ces formations présentent leur caractère le plus net ou le plus général ; dans quelques cas, cependant, l'usage a prévalu de nommer le terrain ou l'époque correspondant à sa formation par le nom de la roche qui le constitue. Afin de donner une idée de cette chronologie, qui nous permettra de dater les époques de formation des différentes pierres, nous adopterons la classification suivante des terrains, résumée, et réduite à ses termes essentiels :

[Selon la règle adoptée par les géologues, les terrains anciens sont à la base du tableau, que l'on devra lire de bas en haut.]

Époque.	Terrain.	Étages.	Remarques.
Quaternaire.	....	....	Apparition de l'homme sur la terre.
Tertiaire....	Pliocène......	....	Pliocène veut dire plus récent.
	Miocène	....	Miocène, ou récent moyen.
	Oligocène.....	....	Oligocène, peu récent.
	Éocène.......	....	Éocène, début des terrains récents.
Secondaire..	Crétacé.......	Crétacé...... / Infra-crétacé.	Terrains formés en grande partie par la craie.
	Jurassique (1).	Portlandien..	Argiles de Portland (Angleterre).
		Corallien.....	Calcaires coralligènes.
		Oxfordien....	Argiles d'Oxford (Angleterre).
		Bathonien ...	Calcaire de Bath (Angleterre).
		Bajocien.....	Calcaire de Bayeux (Normandie)..
	Lias (2).......		
	Trias.........	....	Trias vient de la division en trois assises.
Primaire....	Permien......	.. ..	Vient de Perm (Russie orientale d'Europe).
	Carboniférien.	....	Encore nommé *Houiller*.
	Dévonien.....	.. ..	Vient de Devon, comté anglais.
	Silurien	....	Les Silures sont les anciens habitants du Shropshire (Angleterre).
	Précambrien..		
Terrain primitif ou archéen.			

(1) Les sédiments jurassiques ont été quelquefois divisés en *jura noir*, *jura brun* et *jura blanc*, ce dernier étant le plus jeune.

(2) Le nom de *lias* vient du mot anglais *layers*, qui signifie « strates »; il est appliqué par les carriers à des couches calcaires.

LES PIERRES

Les pierres sont des matériaux plus ou moins résistants employés pour la confection des routes, pour les travaux publics (ballast des voies ferrées, travaux des ports) et pour la construction des édifices. Les unes sont des roches éruptives telles que le granite, le porphyre, les basaltes ; les autres sont cristallophylliennes comme le gneiss, la plupart étant sédimentaires, ainsi que les pierres calcaires.

Presque tous les pays possèdent des pierres dont les gisements sont d'exploitation assez facile pour qu'il soit inutile ou trop onéreux de faire venir de loin des matériaux appropriés à chaque usage ; de sorte que dans chaque localité on empierre les routes, on construit les maisons avec la pierre dont la carrière est proche.

C'est ainsi que les monuments du bassin parisien sont en calcaire, ceux de la Bretagne en granite, ceux de la Savoie en protogyne qui est un granite des Alpes ; les travaux du port de Cherbourg sont en une syénite (sorte de granite) de la Manche ; les routes possèdent en général la couleur des terrains de la région : elles sont calcaires en Champagne, gréseuses dans les Vosges, basaltiques dans le Cantal ; le pavage des rues est formé de galets roulés dans nombre de villes du littoral méditerranéen, de pavés de grès dans les régions voisines de Fontainebleau, il est basaltique à Montélimar.

Quoique cette règle souffre de nombreuses exceptions, sa généralité est suffisante pour qu'une classification des pierres par leur nature soit toute différente d'une classification par les emplois, et c'est cette dernière que nous adopterons en raison de sa plus grande valeur pratique. Dans un premier chapitre, nous étudierons les pierres pour l'empierrement et le pavage des routes ; dans un deuxième, les pierres de construction (principalement calcaires) ; enfin nous ferons une revue rapide des pierres d'ornementation, comprenant surtout les marbres.

PIERRES DE PAVAGE.

Il n'existe guère que deux genres de chaussées : les empierrements, formés par l'agrégation de matériaux cassés de

petites dimensions, et les pavages, formés par la juxtaposition de parallélipipèdes généralement en grès. Les Romains, grands constructeurs de routes pour leurs armées, connaissaient ces deux sortes de chaussées et les construisaient avec une très grande perfection, de sorte que leurs routes étaient de véritables murs horizontaux de durée indéfinie ; ces routes étaient empierrées sur la plus grande partie de leur longueur et étaient pavées de larges dalles d'un mètre carré au moins, parfaitement taillées, dans les passages principaux (voie Appienne, rues de quelques villes d'Italie). Les routes romaines en Gaule furent les seules routes féodales ; elles furent réparées par la reine Brunehaut (chaussées de Brunehaut, dans le Nord), puis par Charlemagne et par Sully, le grand voyer de France. Au XII[e] siècle, les rues de Paris n'étaient pas encore pavées. Louis XIV fit exécuter aux environs de Paris de belles voies, larges, mais pavées seulement sur une étroite bande centrale, et peu à peu, les superbes routes de la France furent créées. Le système le plus employé pour les chaussées empierrées est, depuis 1830, celui de l'ingénieur anglais Mac-Adam, perfectionné peu après par l'ingénieur français Polonceau.

Macadam. — Une bonne route empierrée doit être aussi peu élastique que possible pour diminuer le tirage, elle doit se débarrasser des eaux de pluie par ruissellement superficiel, et elle doit être bien homogène pour qu'il ne se forme pas de creux et d'ornières. On la prépare ainsi : sur la forme affermie par roulage, on place des couches successives de matériaux concassés, à angles vifs, non arrondis comme les galets, et on soumet chaque couche à l'action d'un rouleau compresseur. Les matériaux de la première couche sont généralement tendres ; ceux des couches suivantes sont des mélanges de matériaux tendres (souvent calcaires) et de matériaux durs (silex cassés, granite, porphyre, basalte, grès, arkose (1), caillasse (2) ; la couche supérieure est faite de pierres dures que l'on recouvre avec les débris de cassage.

(1) L'arkose est une roche conglomérée, une sorte de grès grossier dont les éléments sont d'origine granitique.

(2) Voy. p. 26.

Le ballast des voies ferrées est formé de graviers, c'est-à-dire de sables à gros grains, de plus de 4 millimètres, bien débarrassés de sable fin et de matières terreuses.

Pavage. — Les chaussées pavées sont formées d'une fondation incompressible de sable, sur laquelle on dispose des pierres de forme régulière, prismatique, voisine du cube. Le sable employé est un sable quartzeux dont les grains ont moins de 5 millimètres de grosseur; il doit être pur, de façon à ne pas se comprimer et à ne pas former boue; on l'emploie humide et on le pilonne de façon à constituer une *forme*, sorte de fondation de 15 centimètres de hauteur. Les pierres ou pavés sont en grès ou en granite, le porphyre se polissant trop vite et devenant glissant. Les grès à pavés sont extraits de la forêt de Fontainebleau et des environs d'Étampes ; ils sont d'âge tertiaire (Oligocène) et se présentent au sommet de la masse des sables, en tables de 40 à 100 mètres de largeur, de 3 à 4 mètres d'épaisseur, disposées avec interposition d'une couche d'un mètre de sable entre des affleurements calcaires. Ces grès résultent de la solidification de sables fins par un ciment principalement calcaire, et c'est à cette circonstance qu'ils doivent leur teneur élevée (40 p. 100) en calcaire, ainsi que leur peu de dureté. On rencontre aussi des blocs de grès arrachés aux sommets par les érosions. Les pavés, que l'on taille sur place, sont des cubes dont les côtés ont de 16 à 20 centimètres ; il n'est plus d'usage de diminuer la queue du pavé, parce que l'on procède au retournage après usure de la face supérieure qui s'arrondit.

Les granites pour pavés sont tirés de la Bretagne et de la Normandie; ils sont taillés en prismes à base rectangle de 12×24 en moyenne.

La confection de la chaussée, après la préparation convenable de la forme en sable qui est damée humide, comporte la mise en place des pavés, que l'on dispose en rangées transversales nommées *ranges*, et de manière que les joints des pavés voisins se découpent dans deux ranges successives ; à chaque range, le pavé terminal est remplacé par un pavé plus large nommé *boutisse* et occupant la place d'un pavé et

demi. Au croisement des voies, les joints sont en direction oblique pour éviter la formation des sillons ou ornières. Les outils du paveur sont une *hie* ou *demoiselle* pour le battage des pavés (fig. 3), et un marteau spécial dont un des côtés du fer forme pioche pour prendre le sable des joints (fig. 4).

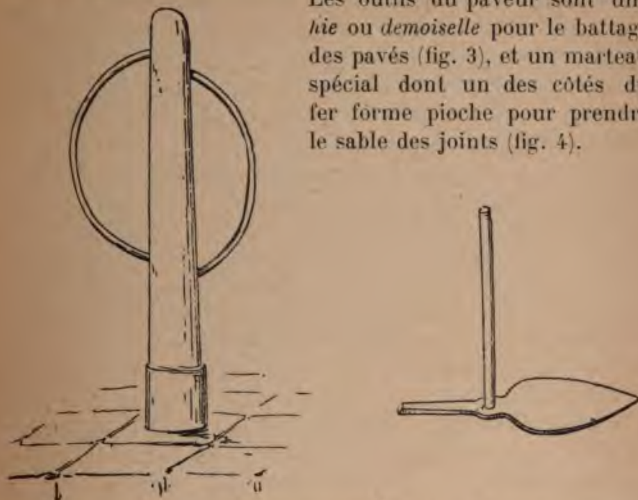


Fig. 3 et 4. — Outils du paveur : la hie et le marteau.

Dalles et bordures de trottoirs. — Les qualités de dureté, de résistance et d'élasticité que présente le granite, et qu'il tient de ses trois minéraux constituants, ont commandé son emploi pour la confection des trottoirs de nos villes. Les carrières les plus importantes sont situées aux environs de Vire (Calvados) et dans le Cotentin. Là, le granite forme de longues bandes orientées de l'est à l'ouest, larges de plusieurs kilomètres, et constituant des massifs bordés de filons de 1 à 2 mètres de puissance (à Avranches). La zone superficielle, parfois de quelques mètres, est ameublie, et la roche solide est au-dessous ; on tire la roche en faisant sauter de grands quartiers au moyen de fourneaux de mine, puis on la fait éclater au moyen de coins de bois que l'on gonfle en les mouillant. Le débit des blocs, la taille et le parage des faces sont difficiles et coûteux.

Le granite de Vire est un granite à grain moyen, de teinte grise, et présentant de place en place quelques cristaux plus grands, blancs ou légèrement rosés, formés de feldspath orthose. Il résiste bien à l'usure et aux intempéries, sa kaolinisation est très lente ; le prix moyen du mètre cube de granite en dalles ou bordures de trottoirs est, à Paris, de 150 francs.

PIERRES DE CONSTRUCTION.

Les matériaux les plus communément employés dans les constructions sont les pierres calcaires ; presque toutes les grandes villes de France sont établies à proximité de puissants dépôts calcaires, et bâties avec les matériaux qui en proviennent (voy. p. 28). Cependant, il est des cas où les édifices sont construits avec des pierres siliceuses, gréseuses, ou même granitiques.

Pierres siliceuses. — Les argiles, qui sont le plus souvent employées après cuisson sous la forme de briques ou de grès cérame, peuvent servir de matériaux de construction, à l'état cru, et constituent le *pisé*, de peu de solidité.

Meulières. — Les pierres de silex, dites *meulières*, sont des pierres d'âge tertiaire (Oligocène), formées au sein de massifs calcaires par l'infiltration d'eaux chargées de silice : de place en place, et souvent aux points fossilifères, ces eaux ont abandonné leur silice, formant des concrétions jaunâtres, dont le grossissement et la réunion ont divisé la roche calcaire, en partie dissoute. Une pierre meulière comprend donc une trame jaune, dure, siliceuse, dans les cavités de laquelle est le calcaire originel. Si le calcaire est en petite proportion, la roche presque entièrement siliceuse est très dure et compacte; si le calcaire, plus tard entraîné par les eaux, a disparu, la meulière est caverneuse et se nomme *silex molaire* ou *silex carié*; elle est alors assez légère (650 kilos au mètre cube). La *caillasse* est une meulière grisâtre, compacte et dure.

Les principales exploitations de meulières sont dans la Brie ; les meulières les plus estimées sont celles de la Ferté-

sous-Jouarre (fig. 5), employées à la confection des meules de moulins. Citons aussi celles de Saint-Fargeau (Yonne) et de Bergerac (Dordogne).

Une meulière plus caverneuse, excellente pour la construction, occupe la plus grande partie du plateau de la Brie, au sein du calcaire dit « calcaire de Brie », et vient disparaître aux environs d'Étampes sous les « sables de Fontainebleau »; les deux bancs à meulières ont chacun 0m,50 d'épaisseur. On trouve un second étage de meulière à Meudon et à Montmorency; cette pierre a un tissu lâche et presque entièrement décalcifié.



Fig. 5. — Coupe des meulières à la Ferté-sous-Jouarre.

4. sables ferrugineux de Fontainebleau; 3, meulière de la Brie; 2, gypse; 1, calcaire grossier.

La meulière est surtout employée en raison de son bas prix, (12 francs le mètre cube à la carrière), de sa dureté et de sa résistance; par ses cavernes, elle fait très bien corps avec les mortiers, et résiste aux intempéries. On l'emploie sous forme de moellons pour la confection des gros murs, pour les fondations hydrauliques, pour les aqueducs, égouts, ponts, pour les parements des maçonneries de remplissage; elle donne des effets décoratifs par la couleur rouille qu'elle doit à l'oxyde de fer; elle est indiquée pour le rocaillage.

Pierres gréseuses. — Les grès, résultant de la réunion de particules ordinairement siliceuses par un ciment, sont siliceux et très durs quand le ciment est siliceux; ils sont silico-calcaires quand le ciment est calcaire.

Mollasse. — Les grès calcaires connus sous le nom de *mollasses* sont des formations assez répandues en France, en Suisse, en Autriche, etc. On les rencontre dans les terrains tertiaires, formant un banc de 10 à 15 mètres dans le Gâtinais; aussi dans l'Aquitaine, dans le bassin du Rhône où elles constituent la pierre d'Aix, de Beaucaire, tendre, à grain fin,

jaune. La mollasse est friable, mais durcit à l'air; elle a servi à construire plusieurs villes de Suisse (Genève, Berne), le port de Bayonne, etc.

Grès. — Les seuls grès employés en France à la construction sont les grès des Vosges, et le grès houiller.

Le grès des Vosges est grossier, à grains de quartz miroitant au soleil; son ciment est siliceux, coloré par de l'oxyde de fer rouge-brique. Ces pierres forment les escarpements ruiniformes des Vosges; elles sont en bancs bien séparés de 0m,50 à un mètre, et représentent une formation littorale d'âge triasique, résultant de la destruction du massif Ardennais-Vosgien alors émergé. Ce grès, et le grès bigarré qui est la partie supérieure de la même formation, sont des matériaux de pavage, mais sont quelquefois employés pour pierres de soubassement (ancien Palais de l'Industrie) à cause de leur grande résistance. Le grès houiller, ou grès anthracifère, est surtout abondant dans le bassin de la Loire et de la Haute-Loire; il est gris foncé et formé d'éléments porphyritiques; les maisons de Roanne, de Saint-Étienne en sont formées.

Pierres calcaires. — Les pierres calcaires sont des agrégats de particules de carbonate de chaux (CO^3Ca), réunies par un ciment de même nature; toutes font effervescence avec les acides.

Géogénie des calcaires. — L'origine des calcaires est variable, mais peut être rapportée soit à des actions chimiques, soit à la vie des organismes. Les calcaires chimiques comprennent les *tufs*, les *travertins*, qui sont dus à l'incrustation produite par des eaux de source, et les calcaires formés par les réactions mutuelles des sels contenus dans les eaux marines. Sur la plage, de petits grains de nature très diverse sont mouillés par les eaux, ils subissent plus tard l'action des vents ou du soleil, qui dépose à leur surface le calcaire dissous; les grains grossissent, puis le même phénomène recommence jusqu'à formation de petites sphères comparables à des œufs de poisson ou à de petits pois; que ces grains soient entraînés par le courant marin, et ils iront former un sédiment qui se cimentera peu à peu, constituant les *calcaires oolithiques* ou *pisolithiques*.

La boue calcaire susceptible de donner les sédiments a, le plus souvent, une origine organique, car les espèces animales contenant des sels de chaux dans leur squelette interne ou dans leur test sont nombreuses. Parmi les plus petites, citons les Foraminifères (fig. 6 à 9), appartenant au groupe des Protozoaires, et possédant une carapace calcaire percée de nombreux petits trous; ces organismes, qui ont pullulé dans certaines



Fig. 6.



Fig. 7.





Fig. 8.



Fig. 9.

Fig. 6 à 9. — Foraminifères.

Fig. 6 et 7, Miliolites (*Triloculina* et *Lacazina*); fig. 8, Nummulite (vue et section); fig. 9, Orbitolite.

mers, particulièrement au début de l'époque tertiaire, rappellent par leurs formes des grains de millet, ou de petites pièces de monnaie, d'où les noms de *pierres à Miliolites, pierres à Nummulites, pierres à liards* qui ont été adoptés. Sur les rivages des mers ont vécu, aux temps géologiques, de nombreux Polypiers calcaires formant des récifs dits *coralliens*; à leur abri vivaient en commensaux des Éponges dont les spicules internes sont souvent calcaires, et des Mollusques à coquille simple ou double calcifiée. Tous les débris de ces organismes, roulés par les eaux, brisés, ont constitué de puissants massifs calcaires

où l'on peut retrouver les éléments fragmentés, au milieu d'une pâte amorphe; ainsi s'est formé le *calcaire corallien*. La présence d'abondantes coquilles dans une pierre la fait nommer *calcaire à lumachelles* (1), et les sections polies montrent qu'il faut rapporter ces coquilles au groupe des Huîtres. Le *calcaire à entroques* est une pierre dure, sur la cassure de laquelle on distingue des sections brillantes et cristallisées (cassure spathique) affectant des formes régulières; les fragments de la pierre sont des radioles d'oursins et surtout des articles d'Encrines (fig. 10), animaux marins du groupe des Échinodermes, formés d'une tige à articles calcaires (fig. 11) et d'un corps rappelant un lis sur sa tige.

La craie est une pierre blanche, friable, traçante, dans laquelle le microscope montre des fragments de Foraminifères, des débris de Polypiers, de Mollusques, associés à des restes siliceux d'Éponges ou de Diatomées. Les calcaires lithographiques sont des pierres à grain très fin, homogène et à cassure conchoïdale. La présence de carbonate de magnésie dans les calcaires les fait nommer calcaires magnésiens ou *dolomies* (Alpes du Tyrol); la présence de silicate double de fer et de potasse (glauconie) leur donne une coloration verdâtre.



Fig. 10. — *Encrinus lilliformis.*



Fig. 11. — Articles de tiges de Pentacrines.

(1) De *lumaca*, limaçon.

Calcaire grossier du bassin de Paris. — Le peu d'intérêt que présenterait une classification des calcaires basée sur leur âge géologique de formation nous conduit à étudier les pierres par grandes régions naturelles et à indiquer leur âge dans chaque région, puisque là il donne leur profondeur relative dans la carrière.

La région parisienne est une zone tertiaire entourée par une sorte de falaise crétacée : plaines crayeuses de la Champagne, de la Picardie, du Vexin normand, que les rivières découpent çà et là, la Seine à Moret, la Marne à Épernay, l'Aisne près de Reims, l'Oise à Chauny. La falaise se continue entre Montereau et Provins par une zone crayeuse qui confine au plateau peu élevé de la Beauce. Dans cette région, arrosée par la Seine, la Marne et l'Oise, est une dépression presque centrale, la plaine Saint-Denis (Paris), entourée de hauteurs et de vallons, le plateau du Valois, le Soissonnais, le Laonnais, le Tardenois appuyé sur la montagne de Reims, etc.

Cette vaste étendue, occupée par les eaux pendant le début de l'époque tertiaire (Éocène et Oligocène), a été le siège de dépôts calcaires, sableux et gypseux qui ont fourni les matériaux de construction des grandes villes de l'Ile-de-France.

Dans le bassin de Paris, les formations calcaires ont une très grande importance, elles sont comprises sous l'appellation générale de *calcaire grossier*, et leur épaisseur varie de 10 à 50 mètres. Ces formations sont marines, mais comprennent l'intercalation d'un horizon lacustre (le banc vert) et sont surmontées de dépôts d'eaux saumâtres ou d'eau douce (les caillasses). La coloration verte de quelques bancs est encore due à la glauconie.

Aux environs de Paris, le calcaire grossier affleure suivant trois bandes : la bande nord ou de la rive droite de la Seine, bois de Boulogne, Passy, Trocadéro ; la bande centrale, Verneuil, Médan, Poissy ; la bande du sud-ouest, dans laquelle sont creusées les carrières de Meudon, d'Issy, de Vaugirard, de Gentilly, d'Arcueil. Dans Paris, cette bande a été exploitée dans les quartiers de Montrouge et de la Glacière ; elle forme aujourd'hui les catacombes; il y peu d'années que les exploitations de la rue des Fourneaux sont arrêtées.

L'ordre de succession des principaux bancs est fixé dans le tableau suivant, qui donne leur épaisseur moyenne :

Caillasses	Caillasses sans coquilles (tripoli de Nanterre)...	$0^m,60$ à 6 m.
	Caillasses coquillères ou *rochette*	$0^m,50$ à 2 m.
Calcaire grossier supérieur à Cérithes	*Roche* de Paris	$0^m,25$ à 1 m.
	Bancs francs de Paris	1 m. à 4 m.
	Clicquart	$0^m,60$ à 4 m.
	Banc vert	1 m. à 6 m.
	Banc Saint-Nom	$0^m,50$ à 1 m.
Calcaire grossier moyen à Miliolites	Banc royal	$0^m,30$ à 1 m.
	Vergelés et lambourdes	1 m. à 10 m.
Calcaire grossier inférieur	Bancs à vérins	$0^m,60$ à 6 m.
	Banc Saint-Leu	2 m. à 10 m.
	Banc à Nummulites (pierre à liards)	1 m. à 12 m.

Les Cérithes, fossiles les plus caractéristiques de cette formation, sont des Mollusques à une seule coquille turbinée comme un cornet (fig. 12 et 13) ; leur moule interne, souvent conservé, affecte la forme d'une vis ou vérin, ce qui a fait qualifier le banc à vérins. Ces coquilles ont des dimensions variant de quelques millimètres à 20 et même 30 centimètres (*Cerithium giganteum*) (fig. 12).

Les bancs les plus remarquables sont :

Le *Saint-Leu* des environs de Creil, formé de débris coquilliers d'une extrême finesse, s'écrasant sous le marteau, s'attachant aux outils, et donnant des *pierres grasses*. La pierre est jaunâtre, tendre, elle durcit quand elle a perdu son eau de carrière, mais elle gèle et se détruit vite à l'humidité.

Les *vergelés*, exploités dans la vallée de l'Oise et sur les plateaux de Clermont, donnent des pierres maigres, poreuses, rubanées de veines ocreuses, grossières. Les lambourdes sont plus tendres que les vergelés, on les exploite aux environs de Paris ; ces pierres sont quelquefois grasses et marneuses, leur qualité est inférieure. Toutes se travaillent facilement, à la scie à dents.

Les *bancs royals* ont pour type le *royal de Conflans*, pierre tendre, ferme, très fine, à grain très régulier, propre à la sculpture monumentale. Cette pierre se scie à la scie à grès.

Les bancs de Chérence et Saillancourt, dont les pierres les plus dures et les plus fines ont servi aux groupes de l'Arc de Triomphe de l'Étoile, mais comprenant aussi des pierres grises ou rougeâtres.



Les *bancs francs*, c'est-à-dire d'un grain égal, sont des calcaires durs à Cérithes pouvant être livrés comme roche, ou des calcaires très coquilliers et nommés *grignards*. Les bancs francs peuvent geler et se désagréger à l'air humide.



Fig. 12. — Cérithe géante. Fig. 13. — Cérithe tricarénée.

Les *roches* sont des pierres dures, résistantes, à grain serré, susceptibles de fournir des soubassements, des matériaux hydrauliques; on les exploite dans la plaine de Montrouge et dans les plateaux de l'Aisne. Assez souvent, on nomme *roches*, dans chaque localité, les bancs les plus durs.

Les *liais* et *clicquarts* sont des calcaires d'un grain très fin, rappelant par leur cassure les calcaires lithographiques; ils

sont sonores et très résistants, mais ils peuvent geler. On les tire des environs de Senlis, Bagneux, Créteil, et on les emploie pour dalles, marches, carreaux et monuments funéraires.

Travertins de la Brie. — A une époque postérieure à la formation du calcaire grossier, des dépôts lacustres et saumâtres se sont formés dans le bassin de Paris, et ont constitué de puissantes masses de gypse, avec quelques calcaires nommés *travertins*. Les principaux sont le travertin inférieur ou calcaire de Saint-Ouen, le travertin moyen ou calcaire de Brie et le travertin supérieur ou calcaire de Beauce.

Le calcaire de Saint-Ouen est surtout employé pour l'empierrement en divers points du Valois. Le calcaire de Champigny, exploité à Champigny-sur-Marne pour pierre à chaux, apparaît sur tout le plateau de la Brie champenoise ; on le rencontre près de Fontainebleau, de Montereau, et, sous le nom de *travertins de Provins*, il forme des lits de calcaire à moellons et de pierre à chaux. Le calcaire lacustre de Brie est très bien représenté par la *pierre de Château-Landon* (Seine-et-Marne, près du confluent du Loing et du Fusain), que l'on extrait sur les deux rives du Loing, en amont de Nemours et principalement à Souppes, près de Fontainebleau, où ses nombreux bancs ont une moyenne de 0 m. 50 ; cette pierre est très résistante, dense, compacte, elle se scie et se taille parfaitement et reçoit un assez beau poli ; c'est avec le château-landon qu'ont été construits l'Arc de Triomphe de l'Étoile et la basilique de Montmartre. Par les calcaires de Briare (Loiret), analogues, mais de moins belle qualité, on passe aux calcaires du Berri d'une part, de l'Orléanais et de Chartres, d'autre part.

Le calcaire de Beauce est un dépôt formé dans le grand lac de la Beauce, et comprenant le calcaire du Gâtinais exploité à Saint-Marc (Orléans) et entre Beaune-la-Rolande et Montargis, pour moellons. Dans le Blésois, ce calcaire est exploité pour pierres de taille.

Tuffeau de Touraine. — Les vallées du Loir, du Cher et de la Loire sont, en Touraine, formées d'une craie micacée, un peu jaunâtre, épaisse de 20 à 30 mètres, dans laquelle ont été creusées des habitations souterraines. Cette craie ou tuffeau durcit à l'air et fournit une pierre de taille, dont le grain est

très fin et très égal, mais dont la résistance est faible; elle absorbe l'eau. En raison de son bas prix ([illegible] francs le mètre cube), elle a servi à construire les beaux châteaux des bords de la Loire, de l'époque de la Renaissance. On l'exploite à Bourré, Saint-Aignan, Loches, Saumur, [illegible], etc.

Oolithes de Lorraine. — Autour du bassin de Paris, les assises jurassiques contiennent de nombreux bancs calcaires, formant plusieurs zones assez souvent concentriques; nous commencerons l'étude de ces assises par la région lorraine, située à l'est du bassin de Paris.

La première zone se montre de Lunéville à Nancy; elle contient des grès et des calcaires marneux d'âge liasique.

La deuxième zone, que l'on traverse de Nancy à Toul, comprend les calcaires oolithiques d'âge bajocien et bathonien. Les oolithes de la deuxième zone forment un vaste plateau qui s'étend des environs de Neufchâteau vers Toul et Pont-à-Mousson; la ville de Nancy est dominée par ce plateau, et en suivant la route de Nancy à Toul on observe de nombreux bancs calcaires exploités; sur cette route, au lieu dit Balin, étaient d'immenses carrières, aujourd'hui abandonnées, mais qui ont fait donner le nom de *balin* à ces oolithes lorraines.

La troisième zone, traversée par la Meuse, renferme des calcaires oolithiques, des calcaires lithographiques et des calcaires à lumachelles; des oolithes constituent les falaises de Saint-Mihiel, sur la rive droite de la Meuse.

Une quatrième zone, située à l'est de la précédente, couvre une bonne partie du département de la Meuse, nommée le Barrois, du nom de Bar-le-Duc; elle contient des calcaires lithographiques et une oolithe dite *pierre de Savonnières*.

De l'autre côté de la Meuse, la bande oolithique se poursuit dans les départements des Ardennes et de l'Aisne, jusqu'à Hirson; le calcaire des Ardennes est jaunâtre ou grisâtre.

Les pierres les plus estimées sont celles de Savonnières, puis celles de Lérouville et d'Euville, tirées des environs de Commercy, sur la Meuse; ces dernières sont des calcaires à entroques, durs.

Oolithes de l'Yonne et de la Côte-d'Or. — Dans le sud-est du bassin de Paris, les assises jurassiques conservent à peu près

les mêmes caractères et couvrent le plateau de Langres, le Bassigny et la Bourgogne, fournissant les pierres estimées de l'Yonne et de la Côte-d'Or. Les calcaires coralliens du Bassigny forment des collines élevées et abruptes près de la Ferté-sur-Aube, Château-Villain et Chaumont. Les calcaires du plateau de Langres s'étendent sur une longueur de 130 kilomètres, unissant l'Auxois aux Vosges; la ville de Langres est elle-même bâtie sur un promontoire de ce plateau oolithique. Les calcaires de la Bourgogne forment une bande de 30 kilomètres, avec une altitude de 600 mètres environ; les assises inférieures donnent un calcaire gris blanchâtre, compact, dont on fait de bonnes pierres de taille, les assises supérieures sont formées de dalles minces nommées *laves*, ou dalles. A l'ouest de cette région est l'Auxois (aux environs de Semur, sur l'Armançon), qui donne la *pierre bise* des carriers et un calcaire marneux jaunâtre, nommé *foie de veau*.

Les calcaires les plus estimés sont : la *pierre de Tonnerre*, très compacte, jaune ou grisâtre, se polissant facilement, et la *pierre de Comblanchien* (Yonne), très résistante, dure. Leur épaisseur peut atteindre 50 à 60 mètres, et les bancs sont gros, quelquefois dépourvus de joints sur 12 à 15 mètres de hauteur; ils forment l'axe de la chaîne de la Côte d'Or. La pierre de Tonnerre donne de belles dalles, que l'on associe à des dalles de marbre noir de Belgique; elle fournit aussi des marches d'escalier et peut être sculptée.

Oolithes jurassiennes. — Dans le Jura, les calcaires bajociens et bathoniens sont très bien représentés, les premiers par des calcaires à entroques, exploités dans de nombreuses carrières, notamment aux environs de Besançon; les seconds par un calcaire oolithique schistoïde, fournissant des dalles minces employées sous le nom de *lave* pour couvrir les maisons, et par des assises donnant de bonnes pierres de construction.

A un étage géologique plus élevé sont les pierres renommées de Saint-Ylie et de Damparis; ces calcaires sont très fins, leur cassure est conchoïdale, leur couleur est rougeâtre et ils peuvent prendre un beau poli. Un grand nombre de monuments de Franche-Comté ont été construits avec ces oolithes; à Paris, ils ont servi à édifier l'église de la Tri-

mité, les parapets des ponts Saint-Michel et Saint-Louis.

Oolithes normandes. — Pour les géologues, la véritable définition des assises oolithiques jurassiques existe en Normandie, dans les régions classiques de Caen et de Bayeux qui ont fourni les types des deux principales divisions du Jurassique inférieur. La bande oolithique couvre la campagne de Caen et de Bayeux, jusqu'à la mer; elle comprend à la base un calcaire marneux blanchâtre, la *mâlière*, puis une zone ferrugineuse précédant une oolithe blanche exploitée à Sully, à Meslay, à Croisilles, et visible dans les falaises depuis Port-en-Bessin jusqu'au delà de Sainte-Honorine. Ces assises bajociennes sont surmontées des assises bathoniennes comprenant le fameux *calcaire de Caen*, formé de bancs blancs, très purs, faciles à tailler, durcissant à l'air; leur épaisseur atteint 30 à 35 mètres. Les carrières les plus importantes ouvertes dans ce calcaire sont celles d'Allemagne, près de Caen; les pierres extraites ont été employées à la construction des monuments du Calvados, à celle de la tour de Londres et de la cathédrale de Cantorbéry.

Au-dessus de la pierre de Caen est l'oolithe miliaire surmontée d'un calcaire à Bryozoaires; on désigne souvent le calcaire de Caen sous le nom de calcaire des plaines, réservant le nom de calcaire des collines au calcaire à Bryozoaires.

Pierres du Poitou. — Dans le Poitou, et tout particulièrement sur la Vienne, les assises jurassiques forment de beaux bancs calcaires exploités, dont l'épaisseur peut atteindre 110 à 150 mètres; l'étage inférieur est représenté par la belle *pierre de Chauvigny* (à l'est de Poitiers), qui est une oolithe miliaire blanche, à grain serré, dure, employée comme pierre de première assise, et pour marches, balcons, etc. Au-dessus, est la *pierre de Tercé*, demi-dure, à grain fin, serré, homogène, et la *pierre de Château-Gaillard*, tendre et très fine. Ces trois catégories de calcaires ont été très employées dans les monuments construits à Paris dans ces trente dernières années : lycée Louis-le-Grand, Muséum d'histoire naturelle, Opéra-Comique, et dans la restauration de monuments historiques, Louvre, Sainte-Chapelle, etc.

Autres calcaires. — En dehors du bassin de Paris, on trouve aussi de beaux calcaires, soit d'âge jurassique, soit même d'âge crétacé; ces terrains se sont en effet déposés dans les deux bassins aquitanien et rhodanien, qui avaient pour contreforts le puissant massif du plateau central, et le massif plus méridional des Maures et de l'Esterel. La plupart des départements du Sud-Ouest sont alimentés par les carrières de Saint-Savinien (Charente), de Saint-Cyprien (Charente-Inférieure), de Nersac, près d'Angoulême, et de Périgueux (Dordogne); les calcaires extraits sont crétacés.

Des calcaires de même âge, mais contenant des fossiles différents, et en particulier les Rudistes (mollusques à coquille rude et très épaisse), sont abondants dans la Provence; on les rencontre bien développés entre Marseille et Digne, aux environs d'Apt (Vaucluse), et partout ils sont exploités pour l'empierrement des routes et pour la construction des édifices.

Résumé des principaux calcaires. — Le tableau suivant fournit quelques indications sur le classement commercial des pierres; il donne, avec le lieu d'origine, la hauteur moyenne des bancs, hauteur que l'on ne peut dépasser dans la hauteur des assises d'une construction. Les prix moyens (arrondis) qui figurent au tableau s'entendent pour les pierres en blocs, rendues à Paris, au chantier, octroi payé.

NOMS.	PROVENANCES.	HAUTEUR du banc (en mètres).	PRIX du mètre cube.
Pierres compactes susceptibles de poli.			
Château-Landon (roche)	Seine-et-Marne.	....	110
Comblanchien 1er choix	Côte-d'Or.	....	120
Belvoye, Damparis, Saint-Ylie (roche)	Jura.	....	110
Comblanchien (roche)	Côte-d'Or.	....	110 à 120
Hauteville (roche)	Ain.	....	145
Souppes (roche)	Seine-et-Marne.	....	100 à 110

NOMS.	PROVENANCES.	HAUTEUR du banc (en mètres).	PRIX du mètre cube.
Roches et liais très durs.			
Échaillon blanc (liais)......	Isère.	....	210 à 300
Vilhonneur (roche fine)....	Charente.	Toutes dimensions.	120
Ancy-le-Franc (roche).. ...	Yonne.	....	100 à 150
Aumont..................	Oise.	0m,50	85
Bagneux (liais)...........	Seine.	0m,50	95
Carrières-Saint-Denis (liais).	Seine-et-Oise.	0m,30 à 0m,40	90
Clamart (liais).............	Seine.	0m,20 à 0m,40	95
Coulmiers (roche)	Côte-d'Or.	1 m. à 1m,50	75
Villers-Cotterets (roche)....	Aisne.	0m,90	75
Roches et liais durs.			
Châtillon (roche)..........	Seine.	0m,50	75
Clamart (roche)	Seine.	0m,70	75
Euville (roche)............	Meuse.	Toutes dimensions.	90
— (choix).......	Meuse.	....	110 à 150
Saint-Maximin (roche fine).	Oise.	0m,45 à 0m,70	70
Roches et liais demi-durs.			
Chauvigny (roche dure)...	Vienne.	Toutes dimensions jusqu'à 2 m.	90
Courville (roche)..........	Marne.	0m,60	80
La Ferté-Milon (roche).....	Aisne.	0m,90	65
Lavoux (roche dure).......	Vienne.	Toutes dimensions.	78
Lérouville (roche).........	Meuse.	Id.	70
Ravières............... ...	Yonne.	Id.	70
Saillancourt et Tessancourt (roche).........	Seine-et-Oise.	0m,70 à 1 m.	75
Saint-Maximin (roche ord.).	Oise.	0m,80 à 1m,30	65
Tercé (roche demi-dure)...	Vienne.	Toutes dimensions.	75
Roche douce, banc franc, banc royal dur.			
Allemagne (banc franc)....	Calvados.	0m,60 à 1m,20	64
Bagneux (banc franc)......	Seine.	0m,30 à 0m,60	63
Châtillon (banc franc).....	Seine.	0m,30 à 0m,60	60
Clamart (banc franc).......	Seine.	0m,30 à 0m,60	60
Méry (banc royal dur).....	Seine-et-Oise.	0m,40 à 1 m.	62
Château-Gaillard (banc franc).	Vienne.	Toutes dimensions.	65
St-Maximin (roche douce)..	Oise.	0m,35 à 0m,65	50
Savonnières (banc franc) ..	Meuse.	Jusqu'à 1m,20	70 à 75
Vitry.....................	Seine.	0m,30 à 0m,60	40 à 60

NOMS.	PROVENANCES.	HAUTEUR du banc (en mètres).	PRIX du mètre cube.
Banc royal franc.			
Méry (banc royal tendre)..	Seine-et-Oise.	$0^m,30$ à 1 m.	50
Saint-Leu (banc royal)......	Oise.	$0^m,50$ à $1^m,20$	50
Saint-Maximin (banc royal).	Oise.	$0^m,40$ à $1^m,50$	50
Pierres tendres et vergelées.			
Carrières-St-Denis (verg.)..	Seine-et-Oise.	$0^m,45$ à $1^m,50$	36
Longpont......	Aisne.	$0^m,45$ à $1^m,10$	40
Saint-Leu (pierre tendre)..	Oise.	$0^m,45$ à $0^m,90$	42
Saint-Maximin (vergelé) ...	Oise.	$0^m,30$ à $1^m,10$	42

PIERRES D'ORNEMENTATION.

Les pierres d'ornementation sont celles que l'on emploie pour la confection des monuments commémoratifs, des monuments funéraires, pour les colonnes et panneaux des édifices luxueux, pour les revêtements intérieurs des grands vestibules, pour les rampes d'escaliers monumentaux, pour le dallage des intérieurs; enfin, nous comprendrons sous ce titre les pierres employées dans la statuaire et celles dont on confectionne des menus objets d'ornementation, socles de statuettes, pendules, fûts de lampes, etc. La catégorie la plus importante de ces pierres est comprise sous le terme générique de marbres, renfermant surtout les calcaires cristallisés.

Les qualités recherchées dans les pierres d'ornementation sont diverses; tantôt on a égard à la teinte uniforme, tantôt aux tons variés que présentent les plages voisines; assez souvent, on tient compte des dessins formés par les veines colorées, ou de la transparence de la pierre. Dans tous les cas, et quelle que soit la résistance de la roche, on exige qu'elle puisse prendre un beau poli, sans lequel les effets ornementaux ne peuvent se produire.

Granite. — Parmi les roches dures susceptibles d'un beau poli, d'une longue durée, les granites tiennent la première

place ; aussi les a-t-on employés de tout temps à la construction des monuments funéraires, des soubassements, des socles de statues et des statues elles-mêmes. La grande résistance à l'écrasement que présente cette pierre (jusqu'à 1500 kilos par centimètre carré) permet de l'employer pour les colonnes ou les pieds-droits supportant les étages supérieurs des édifices (maison, rue Réaumur à Paris). L'altération possible du granite est sa kaolinisation, mais elle est d'une telle lenteur que la durée des monuments construits est indéfinie.

Au point de vue ornemental, le granite est une pierre de teinte assez uniforme, à cause de la petitesse de ses éléments que l'on ne distingue bien que de près (fig. 1) ; l'apparence est celle d'une plage parsemée de petits points diversement colorés, mais se fondant dans une teinte générale souvent grisâtre ou gris bleuâtre claire. Il existe des granites colorés en rose, en rouge par des oxydes unis au feldspath constituant ; les teintes foncées tirant sur le noir sont dues au mica plus abondant. Brute, cette pierre n'a pas de valeur, mais sa taille et son polissage étant très pénibles, le prix des ouvrages est élevé ; le granite taillé vaut 250 francs le mètre cube à Paris.

En Bretagne, dans le Massif central, dans les Pyrénées et les Alpes, on rencontre le granite et ses variétés ; on l'emploie sur les lieux mêmes pour les travaux publics, et on en construit quelques édifices ; rappelons que la fameuse abbaye du Mont-Saint-Michel est bâtie avec le granite de Normandie.

Syénite. — Une variété de granite, très recherchée pour la décoration, très employée par les Égyptiens à la construction de leurs temples, de leurs obélisques, de leurs sphinx, est la syénite, dont le nom vient de la ville de Syènes, dans la Haute-Égypte. Cette roche peut être définie comme un granite sans quartz, dont les éléments fondamentaux sont le feldspath orthose et l'amphibole (silicate calcaire et surtout magnésien de couleur vert foncé franc) ; on peut trouver dans cette roche du mica et du pyroxène, sorte d'amphibole noire. L'effet décoratif des syénites provient du contraste des tons rougeâtre du feldspath et vert de l'amphibole ; dans l'ensemble, la teinte est foncée. Cette pierre, de densité 2,8, est susceptible de

recevoir un beau poli; quand son grain est fin, elle rappelle le basalte par son aspect.

En syénite ont été façonnés les fûts de colonne du vestibule de l'Opéra, et une partie des dalles du Panthéon. On trouve de belles syénites à Plauen en Saxe, à Biella en Piémont, à Servance (Haute-Saône), et près de Remiremont.

Autres pierres granitoïdes. — La texture granitoïde est caractérisée par la présence dans une roche d'éléments minéraux cristallisés, de dimension sensiblement uniforme, unis directement (sans magma formant une pâte); elle se retrouve dans de nombreuses roches, telles que la *protogine* du mont Blanc, la *pegmatite* des environs de Limoges, la *leptynite* de l'Ardèche, la *diorite*, dont la belle couleur noire détermine l'emploi pour les monuments funéraires.

On nomme *diorite orbiculaire*, *corsite* ou *napoléonite* une roche formée de concrétions sphériques séparées par des enveloppes écailleuses d'amphibole et de pyroxène; sur une coupe, les sphères donnent des cercles montrant de très fines aiguilles radiées de feldspath, réunies en zones concentriques. Cette très belle pierre est exploitée à Santa Lucia di Tallano, près de Sartène, en Corse.

Porphyres. — La texture qui définit les porphyres est caractérisée par la présence d'éléments minéraux de diverses grosseurs; les uns, petits ou même microscopiques, sont des cristaux formant un magma ou pâte, c'est le fond de la roche; les autres sont de grands cristaux (fig. 1), à contours nets, se détachant sur le fond par leur teinte différente et produisant l'effet décoratif. La teinte type du porphyre est le rouge (qui a fait donner son nom à la roche), mais on connaît des porphyres de diverses couleurs, tels que le beau *porphyre vert antique*. Ces roches sont très dures, plus difficiles à travailler que le granite, mais prennent un plus beau poli; elles sont presque entièrement feldspathiques.

On trouve le porphyre dans les Vosges à Saint-Amé, dans le Morvan, dans le Limousin, dans le Puy-de-Dôme à Pranal près Pontgibaud, dans l'Esterel, en Corse à Girolata, dans le Hainaut belge, en Égypte. Les gisements les plus importants

sont à Montchérus dans la Nièvre, ils fournissent un porphyre blanc verdâtre et rouge.

La roche dite *porphyre vert antique* existe dans les Vosges, dans l'Esterel, mais ses gisements principaux sont en Grèce, près de Sparte.

Serpentine. — On nomme *serpentines* des roches formées d'une pâte rouge ou verte, parcourues de nombreuses fissures que remplit du carbonate de chaux (calcaire spathique) blanc. La matière principale de la pâte colorée est un silicate magnésien hydraté, la serpentine, qui résulte d'une transformation par l'eau du péridot ($2MgO, SiO^2$); la serpentinisation s'est faite par les fissures de la roche. La serpentine est une pierre peu résistante, existant rarement en grands morceaux, se polissant bien et donnant de très jolis effets; on la rencontre dans les Hautes-Alpes à Maurins, dans les Vosges, la Corse, la Toscane. On l'emploie comme marbre, pour socles de statues et pour petits objets. Son prix varie de 300 à 1200 francs le mètre cube.

Malachite. — On trouve dans l'Oural et en Sibérie, avec les minerais de cuivre, une belle pierre verte nommée *malachite*, et employée pour la fabrication d'objets d'art, pour la décoration des meubles et même en joaillerie. Cette pierre est un carbonate de cuivre uni à l'oxyde de cuivre, elle correspond à la formule $CO^3 Cu, Cu (OH)^2$; elle fait effervescence avec les acides, comme un marbre. La malachite existe en masses concrétionnées, dont la structure zonée donne sur les sections polies des teintes vertes de différentes nuances.

LES MARBRES

Les calcaires, qui fournissent les pierres de construction les plus utilisées, donnent aussi les plus belles pierres d'ornementation, appelées *marbres*, et quelques pierres de moindre valeur, l'albâtre calcaire et l'albâtre gypseux. Sous le nom de *marbres*, l'industrie comprend des pierres souvent très différentes, mais présentant ces caractères communs : une certaine dureté, des couleurs vives ou des teintes agréablement mélangées, la possibilité de se bien polir. Les calcaires cristallisés remplissent très souvent ces conditions et forment les principaux marbres ; mais certains calcaires à lumachelles (1), certaines brèches et quelques poudingues peuvent être réunis à ce groupe.

Géogénie des marbres. — Les marbres sont formés de particules calcaires, dont l'origine sédimentaire est évidente, sauf pour les cipolins ; ils sont des agrégats de grains cristallisés de *calcite* (CO^3Ca rhomboédrique) souvent formés de lamelles. La transformation des sédiments calcaires qui a développé leur cristallinité est un métamorphisme de pression, comme nous l'avons relaté page 16. On a longtemps pensé que les éléments calcaires des marbres avaient une origine corallienne et provenaient de récifs littoraux analogues à ceux que nous observons actuellement autour de nombreuses îles du Pacifique ; mais il est plus probable que ces formations sont analogues aux traînées riches en débris calcaires que l'on observe sous le parcours des courants chauds dans les régions tropicales. Dans certains marbres, en effet, on trouve peu de coralliaires, peu de mollusques à test épais comme ceux qui vivent près des coraux, et par contre beaucoup de Foraminifères et d'organismes des grandes mers. Les matières ferrugineuses ou bitumineuses infiltrées, les fragments de

(1) Voy. p. 30.

fossiles donnent naissance aux variétés diversement colorées et veinées.

Les terrains qui renferment les marbres sont les terrains cristallophylliens pour les cipolins, les terrains primaires pour les autres. Ce n'est qu'exceptionnellement que la cristallinité s'est développée dans des calcaires plus jeunes, et la marbrerie commune peut seule les employer ; ainsi les pierres dures de Comblanchien, de Saint-Ylie, d'Euville que nous avons citées comme pierres de taille, sont désignées dans les séries commerciales de marbres.

Classification des marbres. — On divise habituellement les marbres en marbres simples, dans lesquels entrent des particules calcaires seules, et les marbres composés, formés d'une pâte calcaire dans laquelle sont des matières, calcaires ou non, constituant des dessins variés.

Les marbres simples, ou marbres unis (de teinte uniforme), ont une texture grenue ou saccharoïde, quelquefois lamellaire et spathique. Les principaux, désignés par leur couleur, sont : les marbres blancs, les bleus (bleu turquin), les rouges (rouge Languedoc), les jaunes (jaune de Sienne), les noirs (noir antique), et les gris.

Les marbres composés se divisent ainsi :

1° Composés ordinaires : le Campan, la griotte dite d'*Italie*, le vert antique, le vert d'Égypte et de Gênes ;

2° Lumachelles : lumachelle d'Italie, brocatelle d'Espagne, lumachelle de Narbonne, petit granité et drap mortuaire ;

3° Brèches et poudingues : brèche violette, brèche africaine, brèche des Pyrénées, brèche jaune et brèche tarentaise.

Nous joindrons les marbres cipolins aux marbres composés ordinaires.

Marbres des Pyrénées. — Les Pyrénées fournissent les plus beaux marbres de France, ceux dont l'exploitation est la mieux conduite ; les carrières importantes sont localisées dans les Hautes-Pyrénées et dans l'Ariège, elles utilisent comme force motrice les eaux des *torrents ou rivières, et en* particulier celles de l'Adour.

Le marbre blanc *saccharoïde de Saint-Béat est employé* pour la statuaire, aux lieu et *place de Carrare (Italie) qui est*

plus tendre, mais aussi plus blanc. On l'exploite à Saint-Béat, sur la Garonne, près du confluent de la Pique, et on l'a souvent utilisé dans la décoration des édifices (bassins de Versailles). Il est d'âge liasique. Près de Bagnères-de-Bigorre, on trouve des marbres de même nature.

Les marbres de couleur sont plus nombreux. Le *Sainte-Anne* d'Arudy (Basses-Pyrénées), qui rappelle le vrai Sainte-Anne de Biesmes (Belgique), est grisâtre, veiné de blanc; on l'emploie sur place. Le *sarrancolin* est une brèche à dessins anguleux, on l'extrait des mines de Sarrancolin dans la vallée d'Aure (Hautes-Pyrénées); il est de couleur grise avec du jaune et du rouge, et est très estimé. La *griotte de Sost*, qui rappelle celle de Caunes (Hérault) est improprement appelée *griotte d'Italie*; elle est d'un beau rouge brun semé de points blancs. Les *campans* sont des marbres de grande valeur, existant dans les tons vert, isabelle ou rouge; ils sont composés de calcaire saccharoïde avec des rognons coquilliers et des veinules schisteuses; on les extrait de Campan, non loin de Bagnères-de-Bigorre (Hautes-Pyrénées); on les utilise dans les décorations intérieures, on les a employés à Versailles et au grand Trianon. Le *portor* est une brèche formée de galets noirs et gris unis par un ciment calcaire et siliceux; l'ensemble donne un fond noir avec des veines jaunes, brillant comme de l'or; on l'exploite à Foubot (Hautes-Pyrénées) et à Sauveterre (Haute-Garonne). Signalons encore le *noir d'Izeste* ou *noir des Pyrénées*, le lumachelle et le turquin de Lourdes, la brèche de Bize (Basses-Pyrénées), qui rappelle la brèche portor, et le *marbre antin*, jaune ou blanc à nervures rouges, de Beyrède (Hautes-Pyrénées).

L'exp'oitation des gisements de l'Ariège est commencée depuis peu.

Marbres du Nord. — Les marbres de Boulogne, de Belgique, des Ardennes et des Vosges ont sur les précédents le grand avantage d'un transport à Paris peu coûteux; aussi sont-ils préférés, à qualité égale, pour leur prix moindre. Nommons les principaux.

Les marbres dits *de Boulogne* sont extraits des carrières de Marquise (Pas-de-Calais); ils sont gris brun ou café au lait,

et de sorte commune; leur teinte grise est due aux particules charbonneuses; on les a employés pour la décoration du tombeau de Napoléon, de la Madeleine à Paris. La *brocatelle de Boulogne* est une brèche à très petits éléments, gris tacheté de brun. Le marbre de Hon-Hergis (Nord), employé pour cheminées, est noir uni, semé d'amandes blanches. Le *rouge royal*, provenant de Franchimont (Belgique) est rouge, mêlé de gris et de blanc; on l'emploie beaucoup à Paris pour décorer les magasins, et il a servi à daller la galerie d'Orléans au Palais-Royal. De Romedenne (Belgique) nous recevons, avec le rouge royal, le *rouge de Flandre* et le *rouge rance*; de Golzimes près Namur et de Denée près de Dinant, nous recevons le *noir fin*, tandis que le *Sainte-Anne* vient de Biesmes; ce dernier marbre est noir grisâtre et par suite beaucoup moins estimé que les noirs purs, mais il est très employé pour devantures de boutiques, cheminées communes, meubles, etc. Rapprochons de ces marbres noirs le *drap mortuaire* de Hainaut, qui doit son nom à la présence, au milieu de sa pâte noire, de coquilles blanches dont les sections rappellent la forme des larmes; c'est un marbre à lumachelles.

Dans les Ardennes, près de Givet, on exploite des marbres noirs, noirs et blancs dits *Florence*, *Sainte-Anne*, *Braël*. A Maubeuge et dans l'Argonne, on trouve des lumachelles, tandis que les Vosges fournissent les marbres blancs de Chippal, de Laveline, le marbre brun rougeâtre de Framont et le marbre brun et vert de Russ.

Écaussines. — Les carrières d'Écaussines, de Soignies et de Féluy, dans le Hainaut (Belgique), fournissent un calcaire carbonifère, contenant de nombreux débris de crinoïdes et nommé dans le commerce *écaussines*, *pierre bleue*, *granite de Flandre* ou *petit granite*. Cette pierre a une cristallisation confuse, et à l'état brut, sa couleur est gris bleuâtre comme l'ardoise, elle est due à des matières bitumineuses; polies, les écaussines ont une teinte noirâtre et offrent une certaine analogie avec les marbres. On les emploie comme marbres pour les dessus de meubles communs et pour les monuments funéraires; dans la région des carrières et sur la frontière française, elles servent de pierre à bâtir; elles

sont d'excellents matériaux pour constructions hydrauliques.

Autres marbres français. — Dans le Jura, près de Molinges, on extrait le *jaune Lamartine* et la *brèche violette* (brocatelle violette); à Arbois et près de Salins, on extrait des marbres bleus. Le *sarrancolin de l'Ouest* ou *rosé de l'Ouest*, et le marbre *Bois-Jourdan* proviennent des carrières de la Mayenne et de la Sarthe (Sablé); ils sont gris, mélangés de jaune et rouge, mais sont moins beaux que les sarrancolins des Pyrénées; on les emploie pour dessus de cheminées et de commodes. La Bretagne fournit des marbres bleus, et la Manche du marbre portor.

Dans le centre, on trouve les marbres brèches de Tournon, d'une belle couleur jaune teintée de rose ou de violet; le marbre blanc de Champ-Robert (Nièvre), que l'on emploie quelquefois en statuaire; le marbre blanc rosé de la Doix, près de Beaune. Plus au sud, nous trouvons la *brèche Galiffet* ou *Alep* (1), provenant d'Aix en Provence, et le *jaspé* ou *rosé du Var*, provenant des environs de Pourcieux. Dans l'Aude, à Caunes (près la limite du département de l'Hérault), on extrait les marbres suivants, très réputés : le *grand incarnat du Languedoc* à grandes parties rouges et blanches, le *rouge français* qui rappelle le rouge antique, le *rouge turquin*, et des marbres nommés *cervelas* et *griottes*; la griotte de Caunes est connue sous le nom de *griotte d'Italie*, elle est d'un magnifique rouge brun parsemé de points blancs; on peut considérer ces gisements de Caunes comme faisant partie des gisements des Pyrénées. Le *lumachelle de Narbonne* présente un fond noir sur lequel se détachent les sections blanches de Bélemnites, animaux fossiles de la famille des Seiches.

Les marbres de la Corse sont nombreux et très beaux; citons le *bleu turquin*, le *marbre mosaïque*, qui est une brèche multicolore d'un grand effet décoratif, et les *cipolins*. Les

(1) Le nom d'Alep est un nom d'emprunt, les carrières étant situées à Alet, près d'Aix; mais la brèche d'Aix est assez semblable à la vraie brèche d'Alep (Syrie) qui est très renommée; son fond est gris tacheté de noir, et les morceaux inclus sont rouges ou jaunâtres.

[illegible]

Marbres de l'Algérie et de la Tunisie. — L'Algérie et la Tunisie sont assez riches en marbres, surtout en marbres translucides nommés onyx.

La province d'Oran fournit l'onyx de Tlemcen avec sa belle variété, l'onyx cachemire. L'onyx ambré vient des environs de Nemours; il est très transparent. La brèche de Numidie est importée en France; le rose et le jaune de Numidie servent pour la grande décoration. Les marbres rosés de Géryville sont très artistiques.

Les principales carrières exploitées sont :

1° Province d'Oran.

Aïn-Sebaa .... / Sidi-Brahim........	Près Nemours.	Onyx peu exploité.
Djouanif............	Embouchure de la Tafna.	Marbre rouge ou rose.
Tekbalet............	Près Tlemcen.	Très bel onyx de nuances diverses.
Djebel Orousse......	Près Arzen.	Beaux marbres rouges et roses.

L'onyx de Tekbalet est blanc translucide, blanc rubané et strié vert et rose. Les carrières dites « de marbre » couvrent 163 hectares; elles fournissent des blocs pouvant atteindre 5 mètres × 1m,25 × 0m,75. Le prix de revient est 1500 francs le mètre cube, à la carrière.

(1) Le talc est un *silicate magnésien hydraté, qui, réduit en poudre, est onctueux et savonneux; il n'est pas flexible comme les micas.*

2° Province d'Alger.

Chenouah	Près Marengo.	Marbre brèche.
Oued-Kessari	Près Dra-el-Mizan.	Calcaire saccharoïde.
Beni Bou-Gherdane.	Id.	Marbres roses.

3° Province de Constantine.

Constantine.... ...	....	Calcaire bleu noirâtre pour monuments funéraires.
Filfila	Près Philippeville.	Marbres blancs et colorés.
Djebel-Hallouf	Près Guelma.	Marbres divers.
Fort Génois........	Près Bône.	Calcaire cristallin.

La France est très riche en marbres, et peut fournir à peu près toutes les catégories, mais elle reçoit tous les beaux marbres de l'étranger pour leur mise en œuvre, qui se fait particulièrement à Paris. Les principaux pays producteurs sont l'Italie et la Grèce, mais nous recevons aussi des marbres de Belgique, de Suisse et d'Amérique.

Marbres d'Italie. — Les marbres d'Italie proviennent des carrières de Ligurie et de Toscane, exploitées depuis l'antiquité ; les plus réputés sont ceux de Carrare. Les couches, que l'on rapporte au trias, s'étendent sur une longueur de 9 à 10 kilomètres et une largeur de 3 ou 4. Elles comprennent trois groupes : le plus élevé formé de cipolins, de grès, avec quelques lentilles calcaires ; puis le marbre proprement dit avec dolomies, sous une épaisseur de 1 000 mètres ; enfin les *grezzoni* ou calcaires gris fossilifères.

Beaucoup de carrières datent de l'époque romaine, et l'exploitation, faite d'abord à la surface, se continue en profondeur. La valeur annuelle de l'exploitation est environ de 16 millions de francs.

Le *carrare* est un calcaire saccharoïde à grains très fins, d'un éclat gras ou cireux, et susceptible de recevoir un beau poli ; on distingue le *blanc clair*, employé pour les travaux courants ; le *blanc pour statuaire*, de Saravezza, le *paonazzo* à fond ivoire avec veinage violet foncé, le *paonazzo* à fond blanc avec veinage bréché noir, la *brèche violette*, la *fleur de pêcher*,

le *bleu turquin* (véritable) uni à fond bleu, le *bleu fleuri* (ou *bardiglio fiorito*), dont le fond est bleu clair et les veines violet foncé. Seuls les marbres blancs de Paros (Grèce) peuvent rivaliser avec le carrare ; cependant on considère comme équivalent le marbre de Gênes (*bianco di Genova*). Les marbres de Saint-Béat sont moins beaux.

Non loin de là, on trouve le marbre blanc de Pise, le *portor de Porto-Venere* (près La Spezzia), dont le fond est noir et le veinage d'or; le *vert d'Égypte*, marbre vert à points rouges, provenant de Gênes; le marbre *jaune de Sienne* (Toscane), le beau marbre *rouge de Vérone* (sur l'Adige) et le marbre blanc du lac Majeur. Tous ces calcaires ont leurs carrières dans les Apennins, sauf les deux derniers qui proviennent des Alpes lessiniennes et des Alpes du Tessin.

Marbres de Grèce. — Les marbres de la Grèce ont été exploités par les Anciens, pour la décoration de leurs édifices, pour la statuaire, et pour l'embellissement de Rome; les carrières, longtemps abandonnées, sont exploitées à nouveau. Les marbres les plus renommés sont : le marbre *blanc statuaire de Paros*, dans lequel ont été sculptées les belles statues antiques, et qui était nommé *lychnite* (de lampe) par les anciens; le *vert antique* de la Thessalie, dont le fond est vert, avec des cailloux blanc verdâtre; le *rouge antique*, qui est d'un rouge uniforme avec quelques veines blanches, et qui fut surtout employé par les Romains.

Autres marbres étrangers. — L'Espagne nous envoie le marbre blanc saccharoïde de Gabas (Basses-Pyrénées) ; la *brocatelle d'Espagne*, exploitée à Tortosa, au sud de Barcelone (Catalogne), dont le fond est lie de vin avec des taches blanc jaunâtre ; le *marbre teba* à fond rosé orange et l'*agate mauresque* de Malaga, employée en tabletterie. L'Irlande exploite à Connemara, près de Galloway, un cipolin à veines ondulées, coloré par une serpentine verdâtre; l'Écosse exploite la *serpentine*, marbre à fond brun parsemé de points rouges et employé pour enseignes de boutiques. De Syrie vient la *brèche d'Alep*, très renommée. D'Amérique vient le marbre dit *tonkin*, granité vert, les marbres du Mexique, l'*onyx vert du Brésil*, originaire de la République Argentine et employé pour fûts de lampes.

Résumé des principaux marbres. — Nous établirons, comme nous l'avons fait pour les pierres calcaires, un tableau résumé indiquant les principaux marbres employés, avec l'indication de leurs dimensions moyennes et de leur prix. Tous ces prix comprennent le transport au chantier de l'entrepreneur et le déchet de qualité ; mais il faut ajouter aux marbres fournis au mètre cube (marbres en bloc) et mesurés par équarrissement, un double déchet, l'un dit de *sciage*, évalué à 7 millimètres, l'autre dit d'*équarrissage* et évalué à un sixième, un huitième ou un dixième du cube, suivant qualité. Les marbres livrés en tranches et mesurés par équarrissement ne comportent qu'un déchet d'équarrissage.

1° Marbres en bloc, jusqu'à 2 mètres cubes, et de 3 mètres de longueur et au-dessous :

		Désignation.	Prix (au mètre cube).
De France.	Des Pyrénées.	Blanc statuaire de Saint-Béat....	950
		Ordinaire de Saint-Béat..	550
		Campan vert et campan mélangé.	1 120
		Grand antique...	1 200
		Bleu aspin....................	740
		Lumachelle........	740
		Vert Moulin	740
		Griotte des Pyrénées..	690
	Du Nord.	Grand antique du Nord	690
		Sainte-Anne français..	390
		Noir français..................	360
		Noir boule de neige............	390
	Du Pas-de-Calais.	Napoléon gris et rose	590
		Henriette	590
		Lunel fleuri................	510
		Lunel uni..........	410
	Des Vosges.	Brèche des Vosges	690
	Du Jura.	Brocatelle jaune.............. ..	890
		Brocatelle violette...............	890
		Jaune fleuri.	890
	Des Htes-Alpes.	Vert de Maurin.	1 040
	Du Var.	Jaune de Sainte-Baume..........	790
		Brèche jaune de Trets......	740
	Des Bouches-du-Rhône.	Brèche Galifet............	740
		Brèche d'Alet (dite d'*Alep*).......	690
		Brèche de Saint-Antonin.........	640

	Des [illegible]	[illegible]	[illegible]
		[illegible]	[illegible]
		[illegible]	[illegible]
		[illegible]	[illegible]
	Du Nord.	[illegible]	[illegible]
		[illegible]	[illegible]
		N[illegible]	[illegible]
		N[illegible]	[illegible]
De France.	Du Pas-de-Calais.	Nap[illegible]	[illegible]
		Lunel [illegible]	[illegible]
		Lunel un[illegible]	[illegible]
	Des Bouches-du-Rhône.	Brèche Galifet	[illegible]
		Brèche d'Alet (dite d'[illegible])	[illegible]
		Brèche Saint Antonin	[illegible]
	De la Sarthe.	Sarrancolin de l'Ouest	[illegible]

	Désignation.	Prix (le mètre superficiel).
De Belgique........	Sainte-Anne belge..............	16,50
	Rouge de Flandre..............	16,50
	Noir fin de Dinant.............	25,50
	Noir demi-fin	17,50
	Granit Feluil (ou de Féluy)....	13,50

3° Carreaux, octogones ou carrés, dalles ou bandes, marbres pour carrelage.

Pour ces matériaux, dont le prix varie avec la dimension des carreaux et l'épaisseur des dalles, nous donnerons une simple désignation. On emploie le calcaire lithographique, blanc ou bleu ; le liais de Grimault, l'échaillon blanc ; le liais dit *de Créteil* et *de Senlis ;* la pierre de Tonnerre ; le marbre noir de Belgique ; le marbre blanc clair, et le marbre rouge des Flandres.

COMMERCE DES PIERRES

EXPLOITATION DES CARRIÈRES.

Les carrières de pierres sont diversement situées ; les unes, étant à fleur de sol ou à flanc de montagne, sont exploitées à ciel ouvert ; les autres, étant profondes, sont exploitées par galeries souterraines auxquelles des puits donnent accès. La difficulté de l'extraction des pierres est en rapport avec leur dureté, avec leur compacité, avec la dimension exigée pour les blocs, et aussi avec la position de la carrière.

Par le fait de la sédimentation, les bancs de pierre sont disposés parallèlement, et leur direction est horizontale, mais peut aussi être inclinée. La limite de deux bancs superposés est une zone de moindre résistance suivant laquelle la séparation des blocs est facile. Cette direction se nomme le *lit de carrière* pour les pierres, la *passe* pour les marbres.

Le cas le plus simple est celui de l'extraction des moellons, des meulières et des grès à pavés ; le travail est fait au moyen

de la pioche (fig. 14) et du pic (fig. 15), et les matériaux sont montés à l'aide d'un treuil.

Abatage des roches. — Une première extraction de pierre ayant produit une tranchée, dont la paroi est verticale, on établit, perpendiculairement à cette paroi, deux saignées que l'on descend jusqu'au sol de la tranchée ; on réunit ces deux saignées par une autre horizontale, que l'on creuse peu. Le

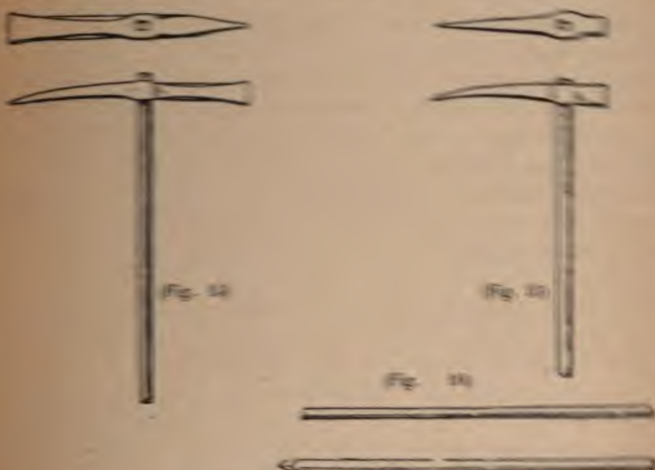


Fig. 14 à 16. — Outils du mineur.
Fig. 14, pioche ; fig. 15, pic ; fig. 16, fleuret.

prisme de roche ainsi limité ne tient plus à la masse que par sa face horizontale et par sa face verticale opposée à la paroi de la tranchée ; on le détache en enfonçant des coins en bois dans une fente préparée, et en mouillant ces coins ; en se gonflant par l'action de l'eau, les coins exercent une grande pression et détachent la pierre. Dans quelques carrières russes, on emploie la force expansive de la glace en creusant des entailles que l'on remplit d'eau ; cette eau, se congelant, détermine la rupture de la roche suivant les directions des entailles.

C'est par l'emploi des entailles et des coins que les Anciens extrayaient des carrières les immenses pierres d'appareil de

leurs monuments, et que les Égyptiens se procuraient les obélisques dont ils ornaient l'entrée principale de leurs temples.

Emploi de la mine. — Au début du XVIIe siècle, l'adoption de la poudre pour l'exploitation des mines et des carrières réalisa un très grand progrès. Une mine est formée par un trou creusé dans la roche, dans une direction convenable, puis empli d'un explosif; la poudre, enflammée à distance, produit un double effet : elle disjoint et fend la masse de la roche, elle projette une partie des débris formés. C'est ce dernier effet, dangereux et inutile, qu'il faut limiter pour produire, au contraire, la dislocation d'un cube aussi grand que possible.

Pour forer une mine, on se sert d'un *fleuret*, tige de fer cylindrique terminée par un biseau aciéré (fig. 16); tandis qu'un ouvrier tient le fleuret, un autre frappe avec une masse de fer; après chaque coup frappé, le premier ouvrier fait tourner le fleuret de manière à produire un trou cylindrique. Un peu d'eau versée dans le trou empêche l'échauffement du fleuret, et la boue formée est enlevée au moyen d'une curette. Le trou est séché avec des tampons, rempli avec la poudre jusqu'à son tiers, puis on place une petite tige de bronze ou *épinglette* dont la tête dépasse l'orifice du trou : autour de cette tige on bourre, au moyen d'un *bourroir* de fonte, du papier, de la glaise et de menus débris de roche. On retire l'épinglette que l'on remplace par un petit tube contenant la poudre et une mèche soufrée. La combustion de la mèche permet aux ouvriers de s'éloigner.

Un perfectionnement important est l'emploi des *fusées de sûreté* inventées en Angleterre par W. Bickford (1831), et consistant en une corde goudronnée dont l'axe est un petit canal bourré de poudre fine; le ruban goudronné qui forme l'enveloppe préserve de l'humidité, de sorte qu'on peut employer la fusée dans toutes les roches.

Dans les roches dures, l'usage du fleuret est remplacé par l'emploi des *perforateurs* actionnés par une force hydraulique, par l'air comprimé ou par l'électricité. L'organe principal de ces perforateurs est un fleuret d'acier auquel on imprime un double mouvement de projection et un mouvement de rotation : la rapidité et la force des chocs donne un forage très rapide.

[illegible]

Pour augmenter l'effet utile d'une charge de poudre, on creuse quelquefois des mines chambrées, c'est-à-dire des trous dont le fond est élargi en forme de chambre, ou de poche. Inventées en [illegible] par l'ingénieur [illegible], ces mines sont obtenues dans le calcaire au moyen de l'acide chlorhydrique que l'on verse au fond du trou [illegible], et pour toute espèce de roche, au moyen [illegible] qui travaille comme le perforateur, par percussion ou par rotation.

Pour détacher de grands cubes de roche, on fait exploser simultanément des mines disposées en ligne, et enflammées au moyen de mèches de longueur égale, disposées en faisceau, ou mieux par une étincelle électrique produite par une bobine de Ruhmkorff. Les grosses mines, dites mines monstres, sont susceptibles de détacher de grandes masses de roches, et cela avec économie; en effet, la résistance au détachement d'un bloc de la masse de roche croît comme la surface de contact, (donc comme le carré d'une dimension linéaire), tandis que la résistance à la projection croît comme le volume (donc comme le cube d'une dimension) ; cette dernière croissant plus vite que la première, on avantage l'effet de séparation sur l'effet de projection en augmentant la dimension des blocs à détacher. Ainsi, dans l'exploitation de schistes quartzeux très durs employés pour construire le brise-lames d'Holyhead (comté d'Anglesea, Angleterre), les carrières voisines spécialement exploitées purent fournir, par l'explosion de 7000 kilos de poudre, un cube disloqué de 17000 mètres cubes pesant 48000 tonnes; ce qui représente une dépense de 1 kilo de poudre pour 7000 kilos de pierres. L'exploitation revient de 50 à 70 centimes par mètre cube de roche.

Comme explosif, on peut remplacer la poudre par le fulmi-coton, la nitroglycérine, la dynamite, la dualine ou le lithofracteur. Ce dernier produit est formé de nitroglycérine, de sable siliceux, de charbon, de salpêtre et de soufre (Longrids,

1869); il est donc une sorte de mélange de poudre et de dynamite, et il a l'avantage de ne pas craindre l'humidité et de ne s'enflammer que dans des conditions bien déterminées.

Extraction des marbres. — L'exploitation des carrières de marbre a suivi les progrès réalisés dans l'exploitation des carrières de pierres ordinaires et de pierres dures : la méthode des coins, celle des mines et plus particulièrement celle des mines chambrées sont ici applicables, mais le plus grand perfectionnement résulte de l'emploi de la scie hélicoïdale de l'ingénieur belge P. Gay. L'appareil se compose d'une perforatrice et d'une débiteuse.

Perforatrice. — La perforatrice (fig. 17) se compose d'un bâti

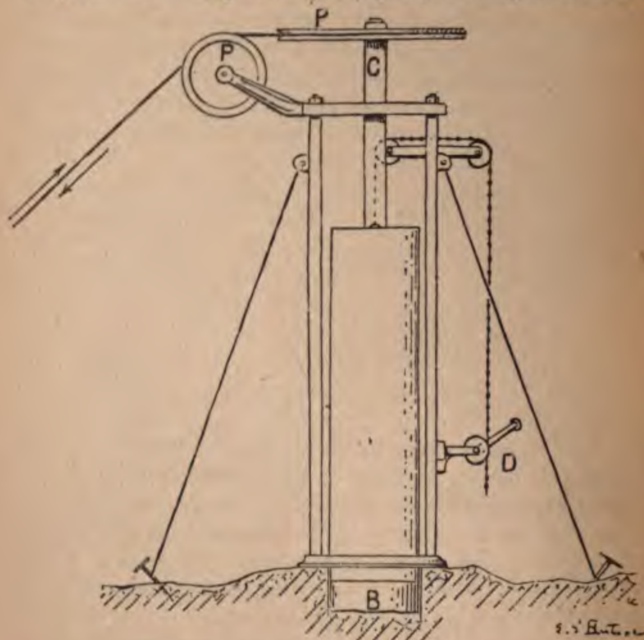


Fig. 17. — Perforatrice pour marbres.

léger que l'on fixe sur la roche au moyen de rubans d'acier, et qui supporte l'outil perforant. Celui-ci est un tube de tôle A,

[illegible]

Fig. 18. — Débiteuse pour marbres.

une poulie supérieure recevant le mouvement du câble moteur et scieur, d'autre part une poulie inférieure guidant ce câble. La poulie inférieure est maintenue par un support qui descend peu à peu dans le puits, entraîné par une vis dont la commande est au sommet de l'appareil et réglable à volonté, suivant la dureté du marbre; à chaque tour de la poulie supérieure, un déclic fait tourner la vis, et le support de la poulie inférieure descend. Pour effectuer un trait de scie, on dispose deux appareils dans deux puits voisins, et leur ensemble forme la débiteuse (fig. 18); le câble d'acier passe successivement sur les poulies supérieure et inférieure de la première

machine, il s'engage dans la roche, puis passe sur les poulies inférieure et supérieure de la deuxième machine, pour faire retour à l'appareil moteur. Ce câble est animé d'un mouvement longitudinal et d'un mouvement de rotation, il entraîne du sable et de l'eau que lui fournissent un sablier et un réservoir placés au-dessus de la première machine, de sorte que le marbre est usé, tandis que les boues sont entraînées dans le deuxième puits. Le trait de scie s'approfondit peu à peu et on le conduit jusqu'au premier dessous.

Le dégagement d'un bloc nécessite huit traits de scie, faits deux par deux sur les quatre côtés du bloc et distants d'environ 60 centimètres; deux traits voisins se font par un simple déplacement de la débiteuse dans les puits. Quatre tranchées sont faites autour du bloc, et au moyen de coins et de leviers on soulève ce bloc pour le mener au chantier et le débiter; les masses provenant des tranchées de limite sont utilisées. Ce procédé d'extraction est très rapide et donne des blocs de forme convenable, sans déchets importants; il est rendu d'une application facile par l'emploi d'un moteur puissant, d'un tendeur pour le câble, enfin d'un poteau distributeur placé au sommet de la carrière et distribuant la force, par une poulie à double rotule, dans les directions où sont installées les perforatrices et débiteuses simultanément en marche.

QUALITÉS DES PIERRES.

La mise en œuvre des pierres nécessite la connaissance parfaite de leurs qualités, en particulier de leur résistance aux intempéries; tout emploi d'une pierre de carrière nouvelle exige des essais méthodiques.

Une bonne pierre doit être assez résistante à l'écrasement pour supporter le poids des constructions, assez dure pour conserver nettes les moulures et arêtes, assez fine de grain pour recevoir l'ornementation. Les pierres à bâtir doivent de plus être assez abondantes, et leurs carrières doivent être assez près des chantiers pour que le prix du transport n'augmente pas démesurément leur prix de revient.

En général, les pierres lourdes, à texture compacte, à grain

serré, de même que les pierres de couleur foncée sont les plus dures; celles qui rendent un son clair sous le choc sont résistantes et sans défauts.

La dureté est déterminée par l'usure au grès ou par la profondeur du trait fourni par une scie type; les moyennes donnent l'échelle de dureté suivante :

Granite	[illegible]
— de Bretagne	[illegible]
— de Normandie	[illegible]
Marbre bleu turquin	[illegible]
— blanc	[illegible]
Pierre de liais	[illegible]

Défauts des pierres. — Une pierre est dite *gélive* quand l'action de la gelée forme des écailles à la surface, ou même des fendillements. Cette action est due à la porosité de la roche, qui absorbe l'eau et ne peut résister à l'expansion accompagnant la formation ultérieure de la glace; la pierre est désagrégée et, au dégel, elle s'écaille. Une expérience prolongée est la meilleure assurance de la non-gélivité des pierres tirées d'un banc de carrière.

Une pierre est dite *moyée*, quand elle présente un trou ou un fil (moye) contenant de la terre; il faut la *rejeter*. Une pierre est *flandreuse*, si elle a des solutions de continuité (fils). Une pierre est *fière*, quand son excessive dureté la rend cassante et de travail difficile; une *pierre ferrée* ébrèche les outils. Toute pierre qui présente des veines de minerais métallifères doit être rejetée, car l'action oxydante de l'air provoque, après l'emploi, la formation des moyes.

Essai des pierres. — L'essai est relatif à la dureté, à la résistance, et à la gélivité.

La dureté est estimée par l'action de la scie, et elle fait l'objet d'une désignation spéciale dans les devis de travaux, sous le nom de *numéro de taille*. Les pierres dures se débitent à la scie sans dents avec du grès et de l'eau, les pierres tendres se débitent à la scie à dents. Le tableau des principaux calcaires de la page 38 est établi dans l'ordre des numéros de taille; ainsi le Château-Landon est le type du numéro 1, le Souppes celui du numéro 2, l'Euville celui du numéro 3,

le Clamart celui du numéro 7. Une même carrière fournit des pierres de dureté différente; ainsi le Saint-Maximin contient le numéro 5 (roche fine), le numéro 6 (roche ordinaire), le numéro 7 (roche douce et libage ferré), le numéro 8 (banc royal) et le numéro 9 (vergelé).

La résistance est déterminée en comprimant, jusqu'à écrasement, un cube de pierre de dimension mesurée, au moyen d'une presse hydraulique. Un calcaire dur peut supporter de 300 à 900 kilos par centimètre carré; un calcaire tendre, 40 à 300 seulement. La compacité, et par suite la densité, varient comme la résistance, de 2,2 à 2,8 pour les calcaires durs de 1,4 à 2,2 pour les tendres.

Les travaux remarquables de l'ingénieur P. Michelet ont porté sur l'étude de blocs cubiques de 5 centimètres de côté pour les pierres dures, de 10 centimètres pour les tendres. La presse hydraulique était remplacée par un levier sur lequel agissaient des poids. La résistance à l'écrasement varie avec la forme des blocs étudiés; pour des cubes, elle est proportionnelle à leur section; pour des prismes de même section, elle diminue avec la hauteur (Vicat). Dans la pratique, on ne charge les pierres qu'au dixième de leur résistance à l'écrasement.

Voici quelques chiffres relatifs à des pierres très diverses :

Matériaux.	Densité.	Résistance par centimètre carré.
Porphyre	2,8	2470 k.
Granite	2,7	700 k.
Grès tendre	2,5	4 k.
Marbre blanc	2,7	300 k.
Marbre noir de Flandre	2,7	780 k.

La gélivité d'une pierre est étudiée par immersion d'un échantillon dans un mélange réfrigérant, ou mieux par immersion dans une solution saturée et bouillante de sulfate de soude (procédé Brard); la pierre étant bien imbibée, on la laisse dans un courant d'air, à une température de 15°; le sel forme à la surface des petits cristaux qu'on entraîne par lavage, et qui ne doivent donner dans l'eau aucun dépôt

pierres, indice d'une désagrégation de la pierre. De plus, l'échantillon ne doit présenter aucun changement après plusieurs immersions dans le sulfate et plusieurs cristallisations par séchage.

EMPLOI ET CONSERVATION DES PIERRES.

La hauteur des assises d'un édifice doit être au plus égale à la hauteur des bancs de roche de la carrière qui fournit les matériaux. La surface qui limite le banc est dite surface de lit ; elle est plane, mais elle est souvent tendre ; cette partie tendre, nommée bousin, est enlevée, et la pierre est mise à vif.

Dans la construction, la pierre est placée horizontalement, suivant son lit de carrière, et cela en raison du mode de formation sédimentaire de la roche, que l'on peut considérer comme résultant de la solidification de feuillets horizontaux superposés. Placée autrement, une pierre offrirait sa tranche aux agents de destruction et se feuilletterait.

Toutes les pierres, exposées aux agents atmosphériques, s'altèrent ; les granites et les roches feldspathiques subissent par l'action combinée de l'eau et du gaz carbonique une feldspathisation lente, qui émousse les arêtes et les parties saillantes des monuments ; à cela, il n'y a pas de remède. Les calcaires, sous les mêmes actions, subissent des dégradations bien plus rapides, et le grattage ou nouveau ravalement que l'on fait subir aux édifices ne peut que nuire à leur bonne conservation en enlevant la patine protectrice qui tend à se former lentement sur les pierres. Le seul remède à l'usure est la silicatisation, préconisée en 1840 par A. Rochas (de Paris) et F. Kuhlmann (de Lille), et employée avec succès par Viollet-le-Duc pour quelques monuments historiques de la France (Notre-Dame de Paris).

La solution de silicate de potasse (1) est étendue d'eau et

(1) Le silicate de potassium $Si^4O^9K^2$, nommé *liqueur des cailloux* (Glauber, 1650) ou *verre soluble* (Fuchs, 1825), est obtenu par fusion d'un mélange de 3 parties de sable quartzeux (ou silice, SiO^2) et de 2 parties de potasse du commerce (ou carbonate, CO^3K^2). La matière vitreuse obtenue donne avec l'eau une solution incolore.

lancée par une pompe, sous forme de pluie, sur le monument à silicater; les aspersions sont continuées plusieurs jours et la pierre s'imprègne peu à peu du silicate alcalin, qui donne une zone dure de silicate calcaire insoluble, par une réaction avec la pierre; de plus, il se fait un enduit de surface, solide et continu. Comme la silicatisation donne à la pierre une patine peu agréable, et peut causer son fendillement, on la remplace par la fluatation (procédé Kessler) au moyen du fluosilicate double d'alumine et de fer.

Transport des pierres. — Les pierres extraites sont amenées au chantier de taille et de travail, puis elles sont conduites à pied d'œuvre pour être mises en place. On nomme *bardage* le transport, toujours inférieur à 100 mètres, qui suit la *sortie des rangs*, au chantier de taille, et dont les frais ne sont pas compris dans le devis de l'entrepreneur constructeur. Ces diverses opérations s'effectuent au moyen de pinces ou leviers en fer, qui déterminent l'avancement de la pierre posée sur des rouleaux, ou bien glissant sur deux madriers parallèles et formant un *chantier*.

Pour le transport, on utilise la *civière* pour les moellons et les petites pierres de taille, la brouette, la charrette ou voiture à deux roues, le chariot à quatre roues, ou mieux le *fardier*. Pour l'emploi du fardier, on place la pierre, seule ou sur une civière, au-dessous de l'essieu et on la soulève au moyen de treuils et de chaînes. Le *binard* est un chariot bas à quatre roues dont le plancher porte un double rail; le *diable* est un petit chariot à deux roues tiré par les ouvriers attelés à la flèche.

Pour le levage et le montage des pierres, on construit le *cric*, la *chèvre*, la *grue*. Sur le lieu de construction, on associe à l'échafaud une sapine, formée de quatre longs montants verticaux, et portant à sa partie supérieure une *poulie* ou une *moufle*; la pierre est saisie par des cordages ou par une *louve*, sorte d'ancre en fer forgé qui se fixe dans une cavité ménagée au centre de la face supérieure de la pierre.

Travail des pierres dures. — Les pierres très dures ne sont pas sciées, elles sont fendues à la mine, puis à la pointerolle (fig. 24); plus tard, les faces sont dressées à la pointe. Pour





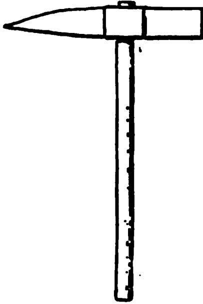
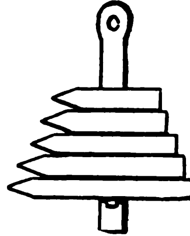


Fig. 20. — Têtu.

Fig. 19. — Trousse de pointerolles.



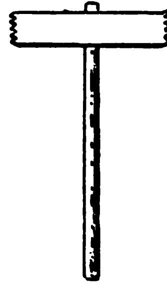


Fig. 21. — Bouchardé.





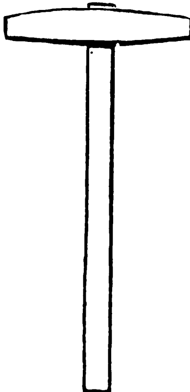
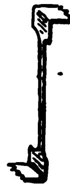


Fig. 23. — Gros marteau.

Fig. 22. — Ripe.



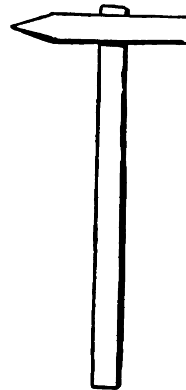


Fig. 24. — Pointerolle emmanchée.

Fig. 19 à 24. — Outils du tailleur de pierre.

fendre un bloc, on enfonce, à grands coups de marteau, plusieurs pointerolles dans le bloc, suivant la ligne de rupture et jusqu'à séparation des deux morceaux.

La taille se fait avec le têtu (fig. 20), la pointerolle (fig. 24) et la boucharde (fig. 21) ; les grosses aspérités sont enlevées avec la massette ou marteau à deux têtes.

Les pierres très dures, telles que les granites et les porphyres, sont d'un travail difficile et long ; on se sert des outils précédents et de la pioche à granite. Pour le porphyre, l'emploi du diamant noir, préconisé par Bigot-Dumaigne, s'est généralisé, et a permis d'obtenir facilement des vasques, des colonnes, des meules avec les matériaux les plus durs. Le diamant noir, dont le prix est de 20 à 25 francs le carat (1), est enchâssé à l'extrémité d'un burin de laiton, et l'outil ainsi formé est présenté à la pierre entraînée par un tour; on réalise par ce procédé le sciage, la perforation des granites, porphyres, marbres durs, ainsi que le dressage et le rhabillage des meules de moulins.

Les pierres dures, susceptibles de recevoir un beau poli, furent très employées par les anciens, mais les invasions qui suivirent la chute de l'empire romain les firent oublier et ce n'est qu'au XVIe siècle en Toscane, au XVIIIe en Suède, que furent créées les fameuses manufactures de Florence et d'Elfdalen (Dalécarlie) ; citons également la manufacture d'Ekaterinenbourg en Russie.

Travail des pierres calcaires. — Selon la grosseur et l'emploi, les pierres calcaires sont nommées *moellons*, *libages*, *pierres de taille* et *pierres d'appareil*. Les moellons sont de petites pierres qu'un homme peut manier, ils sont souvent employés bruts, mais leurs parements vus peuvent être smillés ou piqués comme ceux de la pierre de taille ; dans les parties cachées, les moellons sont dressés sur les faces de lit et de joint, leur tête restant à l'état brut, on les dit *moellons têtués*.

Les libages sont de grandes pierres grossièrement taillées et employées dans les fondations. Les pierres de taille sont

(1) Le carat vaut en grammes 0,20275, soit environ un cinquième de gramme.

préparées avec plus de soin : leurs surfaces inférieure et supérieure, dites surfaces de lit, sont naturellement assez planes, mais leurs surfaces de joint sont dressées de façon que les saillies des deux pierres en contact ne donnent pas au joint une largeur trop grande. Le travail des pierres d'appareil comprend la confection d'une épure grandeur, puis de panneaux donnant la forme exacte des diverses faces de la pierre, enfin la taille dans le bloc ; on distingue, suivant la hauteur, les pierres de haut et de bas appareil.

Outils du tailleur de pierre. — Les principales sortes de taille sont dénommées : taille préparatoire, taille rustiquée, taille

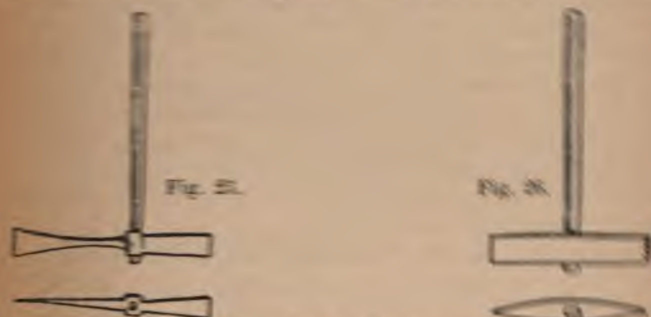


Fig. 25 et 26. — Outils du tailleur de pierre.
Fig. 25, laye (marteau bretté) ; fig. 26, marteau à smiller.

bouchardée et taille layée. Elles sont obtenues avec les outils suivants : le *têtu* (fig. 20), la *massette* ou marteau à deux têtes, le gros marteau à deux tranchants (pour les pierres tendres) (fig. 23), la hachette ou *marteau à smiller* (marteau à ébousiner) (fig. 26), la boucharde (fig. 21), le marteau bretté ou *laye* (fig. 25), et le rustique qui est une laye à deux tranchants dentés ; le tailleur de pierre emploie aussi le *ciseau de maçon*, destiné à façonner la bordure des pierres, et la *ripe* (fig. 22) qui lui permet de dresser les faces.

Travail des marbres. — Le premier travail nécessaire est le *sciage*, qui s'effectue au moyen d'appareils spéciaux destinés à débiter un bloc en un grand nombre de tranches d'épaisseur uniforme. Le sciage des pierres tendres s'effectue à la scie à

dents, et celle-ci est mue par deux ouvriers qui sont assis de chaque côté de la pierre; le sciage se fait à sec. Pour les pierres dures et les marbres, on emploie la scie sans dents, simple lame d'acier tendue sur un cadre comme une scie de menuisier; l'arrosage de la fente produite empêche la scie de se détremper, facilite la désagrégation, et l'enlèvement des boues.

Le débit des marbres se fait en passe, c'est-à-dire parallèlement au lit de carrière, et rarement à contre-passe. Il est effectué au moyen du châssis à scier (fig. 27), ainsi composé : des



Fig. 27. — Châssis à scier les marbres.

lames d'acier, non dentées, au nombre de cinquante à cent cinquante, sont disposées dans un châssis horizontal mobile C, C, de façon à être bien parallèles aux bords du châssis, et elles sont tendues séparément par une clef. Le châssis mobile est suspendu par quatre tiges à glissière aux quatre sommets d'un grand bâti sous lequel on amène le bloc de marbre A; les tiges à glissière peuvent osciller autour de leur attache supérieure, de telle façon que le cadre se déplace d'un mouvement de va-et-vient analogue à celui d'une scie ordinaire; en même temps, ce cadre peut descendre au fur et à mesure de l'approfondissement des fentes que creusent les lames dans le marbre. La commande mécanique du cadre se fait par l'intermédiaire d'une bielle B actionnée par un arbre moteur à manivelle; sa descente est automatique et réglée. Un appareil d'arrosage D verse constamment l'eau et le sable

qui pénètrent dans les fentes. Un châssis à scier débite un bloc d'un mètre cube en moins de trois jours.

La *taille* des marbres comprend les quatre opérations suivantes : la taille à la gradine, la layure au ciseau, la contre-layure, le moulinage au grès et à la molette.

Le *polissage* comprend : l'égrisage ou passage au grès, qui adoucit les aspérités ; le passage au rabat doux, qui est encore un frottage au moyen de morceaux de faïence sans émail ; le bouchage des cavités avec du mastic coloré, et formé de plâtre fin, cire, poix, résine et couleur (potée rouge, noir de fumée, etc.) ; on bouche aussi avec de menus fragments du même marbre ou avec la gomme laque. Les dernières opérations sont : le ponçage ou adoucissage à la pierre ponce mouillée, seule ; le piquage au plomb et à l'émeri, qui s'effectue avec un tampon de linge imprégné de limaille de plomb et de boue d'émeri ; enfin, pour les marbres employés à l'intérieur, on procède au relevé et au lustrage, opérations qui consistent en un lavage, puis en un frottage avec un tampon imprégné de potée d'étain. Ces travaux peuvent être effectués à la machine à dresser et à polir. On peut accélérer le polissage en employant de l'eau alunée, mais les marbres ainsi travaillés se tachent très facilement à l'eau.

LES ARDOISES

Les ardoises sont des roches de nature argileuse, susceptibles de se diviser en feuillets parallèles; elles appartiennent donc à la catégorie des phyllades ou roches feuilletées. Leurs éléments constituants sont des particules très fines d'argile ou silicate d'alumine impur, des menus débris de quartz et de minéraux micacés divers, et des débris organiques. Accessoirement, elles contiennent de fines veinules quartzeuses et des minerais, tels que la pyrite, affectant parfois la forme de beaux cubes dorés dans les ardoises d'Angers.

Propriétés. — A sa nature argileuse et à sa compacité, l'ardoise doit une imperméabilité totale qui la fait rechercher pour le revêtement des édifices; il est cependant des échantillons qui absorbent l'eau peu à peu et se fendillent par la gelée; de même, la présence des pyrites (sulfures divers, mais surtout sulfures de fer) occasionne, par oxydation à l'air, la destruction lente de l'ardoise, qui devient pulvérulente.

La couleur des ardoises est ordinairement bleu foncé, caractéristique; elle peut varier dans les tons gris noir, rouge très foncé ou violet, et les effets décoratifs que l'on produit par le choix des ardoises sont assez recherchés; ainsi, l'Hôtel de Ville de Paris et un grand nombre de maisons ou châteaux du style renaissance sont couverts en ardoises violettes de Fumay. La densité des ardoises varie de 2,6 à 3; la teneur en eau est très faible, environ 3 p. 100.

La dureté et la résistance de l'ardoise dépendent de sa compacité et de ses dimensions. Ainsi, les ardoises d'Angers, qui sont assez schisteuses et peu compactes, résistent moins que les ardoises anglaises. L'influence de l'épaisseur est telle

qu'une ardoise de 25 centimètres de côté, appuyée sur son pourtour et chargée sur un décimètre carré, supporte les charges suivantes :

1 millimètre	d'épaisseur	supporte..	...	8	kilogrammes.
2 millimètres	—	supportent	...	35	—
3 —	—	—	....	50	—
4 —	—	—	....	90	—
5 —	—	—	....	120	—
6 —	—	—	....	150	—
7 —	—	—	....	170	—

Les bonnes ardoises sont très sonores.

Schistosité. — La propriété caractéristique de l'ardoise est la schistosité, qui permet de les débiter en feuillets à faces parallèles ; nous avons vu que cette schistosité résulte des actions de métamorphisme auxquelles ont été soumises les argiles fines, sédimentaires. Les plans de fissilité des ardoises sont distincts des plans de sédimentation, et ils sont orientés perpendiculairement à la direction de la pression qui a produit le métamorphisme ; on distingue toujours une direction principale de feuilletage et une ou deux directions accessoires qui sont dues aux pressions secondaires développées dans la roche. La direction principale est celle qui fournit les feuillets d'ardoise ; la direction seconde ou *longrain* est utilisée dans l'abatage ou le fendage.

Principales ardoises. — Les gisements d'ardoises ne sont pas très nombreux, ils sont répartis très inégalement en France et sont principalement concentrés dans l'Anjou et dans les Ardennes. En outre de ces principaux gisements, que nous étudierons spécialement, citons les gisements de Saint-Lô, de Cherbourg, de Redon, de la Mayenne, de Maine-et-Loire ; puis ceux des Alpes et de la Savoie. Hors France, citons les gisements de l'Allemagne, en Saxe et dans le Harz ; enfin, les importants gisements de l'Angleterre, dans le pays de Galles et dans le Shropshire.

Ardoises d'Angers. — Les ardoisières d'Angers sont exploitées depuis un temps immémorial, et elles sont les plus importantes de la France ; elles sont d'âge silurien. D'abord faite à

ciel ouvert, l'exploitation se fait profondément, par le creusement de grands vides et la réserve de piliers de soutènement. Les plus importantes carrières sont à Trélazé, à Saint-Barthélemy et à Segré.

L'ardoise d'Angers est de couleur noir bleuâtre, elle résiste assez bien aux agents atmosphériques, puisque sa durée est de vingt-cinq ans pour les ardoises très minces, et peut atteindre un siècle pour une épaisseur convenable. Elle est assez élastique pour être serrée à la pose sans se briser; elle se découpe assez bien pour qu'un ouvrier habile fasse tous les tranchis pour rives, les approches de lucarnes, etc., sans avoir recours à d'autres matériaux. Elle a comme défauts les quelques millièmes de pyrite de fer qui la rendraient altérable si on n'éliminait par un triage les échantillons où se voient les nodules pyriteux; elle absorbe aussi plus d'eau que l'ardoise anglaise.

Ardoises des Ardennes. — Les terrains silurien et cambrien des Ardennes renferment des schistes ardoisiers exploités en France, à Fumay (ardoise Sainte-Anne), à Rimogne (ou Rimagne), à Deville, à Monthermé, à Haybes, et en Belgique, à Oignies. Ces ardoises sont de couleur bleue, verte, violette ou rouge; elles sont considérées comme meilleures que celles d'Angers, au moins celles de Fumay et de Rimogne; elles sont très flexibles et résistent bien aux chocs, ce qui rend leur travail et leur pose assez faciles.

Commerce des ardoises. — L'exploitation des ardoisières se fait à ciel ouvert ou par mines, et la disposition de celles-ci varie avec l'inclinaison des couches, qui est d'environ 75° dans l'Anjou, et 50° dans les Ardennes. Une carrière à ciel ouvert est exploitée par gradins successifs qui entourent une grande excavation nommée la *perrière*; l'attaque des gradins se fait au moyen de coins de fer qui détachent les blocs de la roche. Ces blocs, amenés par des bennes, sont débités sur les tas de déblais.

L'extraction dans les mines se fait par grandes excavations que soutiennent des piliers réservés; mais on préfère maintenant procéder par gradins inclinés en abandonnant des piliers, ou par galeries horizontales, ou par gradins renversés.

Le débit des blocs comporte la division en *répartons*, dalles de 2 à 3 centimètres d'épaisseur, puis la division en ardoises brutes qui s'effectue au moyen d'un ciseau plat et d'un maillet; la taille, faite sur un billot de bois ou sur un métier, donne sa forme à l'ardoise. Les épaisseurs ne pouvant être rigoureusement égales, un triage sera fait par le couvreur; les fortes seront aux égouts, les moyennes au milieu du toit, et les plus minces au faitage.

Emplois de l'ardoise. — Les emplois de l'ardoise sont nombreux, en dehors de la couverture des édifices. Elles sont utilisées pour revêtements, dallages, lieux d'aisances, urinoirs, tablettes de laiterie, de lampisterie, de dissection, cuves à acides, à bières, à salaisons, fonds de bâches et tablettes de serres, tables de billard, tableaux à écrire.

Les ardoises pour couvertures s'emploient sous le modèle ordinaire et sous le modèle anglais, plus grand; ce dernier modèle est d'un prix plus élevé, mais il fournit des couvertures plus résistantes et de plus longue durée. Les ardoises sont posées sur le toit de façon que la partie visible (nommée *pureau*) soit égale au tiers (modèle ordinaire) ou à la moitié (modèle anglais) de la hauteur. Dans le premier cas, par exemple, chaque ardoise repose sur trois voliges, de manière que son chef de tête affleure le bord supérieur de la première volige et que son chef de base affleure le bord supérieur de la quatrième volige. On fixe les ardoises au moyen de deux clous en cuivre posés le plus en tête possible, ou au moyen d'agrafes en fer bien galvanisé, ou mieux en cuivre rouge.

Le poids d'un mètre superficiel de couverture en ardoises varie, suivant recouvrement, entre 20 et 25 kilos (modèle ordinaire), 30 à 35 kilos (modèle anglais); en tuiles plates, cette même surface pèse environ 80 kilos.

Prix moyens. — Les ardoises pour couverture sont désignées par leur format de la façon suivante :

DÉNOMINATIONS.	DIMENSIONS. Hauteur.	Largeur.	Épaisseur.	NOMBRE par mèt. carré.	POIDS du mille (1040).	PRIX du mille (1040).
	cent.	cent.	millim.			
MODÈLE ORDINAIRE.						
1re carrée (1/2 forte) ..	29,7	21,6	2,7 à 3,0	47	410	52
2e carrée	29,7	19,5	2,7 à 3,5	52	410	»
Moyenne	27,0	18,0	2,7 à 3,5	61	355	»
Flamande, nos 1 et 2 .	27,0	15 à 16	2,7 à 3,5	70	310	»
3e carrée, nos 1 et 2...	24,0	15 à 18	2,7 à 3,5	75	310	»
4e carrée ou cartelette nº 1...............	21,6	16,2	2,7 à 3,5	88	260	»
Cartelette, nos 2 et 3..	21,6	9 à 12	2,7 à 4,0	114 à 146	150 à 200	»
Non échantillonnées ..	»	»	»	»	»	»
Taillées à la mécanique.	»	»	»	»	»	»
MODÈLE ANGLAIS.						
Nº 1.................	64,0	36,0	4,5 à 6,0	10	3 100	340
Nº 2.....	60,8	36,0	4,5 à 6,0	11	2 900	320
Nº 3.	60,8	30,4	4,5 à 6,0	13	2 450	266
Nº 4....	55,8	27,9	4,5 à 6,0	15	2 020	220
Nº 5.................	50,8	25,4	3,8 à 5,0	18	1 510	170
Nº 6	45,8	25,4	3,8 à 5,0	21	1 330	140
Nº 7.................	40,6	20,3	3,8 à 5,0	30	920	100
Nº 8.................	35,5	20,3	3,8 à 5,0	35	710	80
Nº 9.................	35,5	17,7	3,8 à 5,0	40	620	70
Nº 10.................	30,5	16,3	3,8 à 5,0	52	470	53

Les prix des dalles sont calculés au mètre superficiel ; ainsi, une dalle de 10 centimètres d'épaisseur, pesant 300 kilos, vaut 50 à 55 francs ; une dalle de 5 centimètres, pesant 150 kilos, vaut 28 à 32 francs; et une dalle de 3 centimètres, pesant 90 kilos, vaut 18 à 22 francs. Le premier prix est relatif à une dalle dont un parement est raboté, l'autre étant brut de fente au ciseau. Le polissage au grès et le ponçage donnent lieu à une plus-value de 2 francs et 1 fr. 25 par mètre superficiél.

LE PLATRE

Le plâtre est un sulfate de chaux que l'on emploie seul ou avec divers produits durcissants pour la confection des enduits, des revêtements des édifices. On le trouve dans la nature à l'état de pierre à plâtre, *gypse* ou *sélénite* ; cette pierre est déshydratée par cuisson, elle fournit le plâtre cuit, que l'on emploie en le gâchant avec l'eau ; quelques instants après, le plâtre fait prise et durcit. Étudions successivement ces diverses questions.

PIERRE A PLATRE.

Le sulfate de chaux est un corps très répandu dans les roches, et comme il est un peu soluble dans l'eau, on conçoit que des eaux chargées de ce sulfate aient pu, dans certaines conditions géologiques, déposer d'abondantes couches de gypse. C'est ainsi que le bassin de Paris a été le siège, à la fin de l'époque éocène, d'un dépôt de gypse constituant des assises dont l'épaisseur totale dépasse 50 mètres à Montmartre.

Gypse parisien. — A Paris, et dans quelques localités voisines (fig. 28), les couches qui surmontent le calcaire grossier, formé de pierres à bâtir, sont de puissantes assises de gypse déposées dans des lacunes où l'eau de mer venait se concentrer et s'évaporer. Les couches gypseuses sont au nombre de quatre, et sont séparées par des couches marneuses contenant quelques trémies, ou gros cristaux associés de sel marin indiquant bien la nature marine des dépôts ; la presque totalité du sel a été enlevée par les eaux météoriques infiltrées.

L'épaisseur totale des masses gypseuses est de 50 mètres à Montmartre, 55 mètres à Argenteuil et Sannois, 30 mètres à Enghien et 15 mètres seulement sous le plateau de Carnelle. Les quatre masses se trouvent sur les bords du bassin de Paris ; ainsi, à Méry-sur-Oise, la deuxième masse est réduite,

les troisième et quatrième ayant disparu ; plus au nord, les marnes seules remplacent l'étage. Le gypse est quelquefois saccharoïde, quelquefois cristallisé ; ses fossiles sont les Cérithes ou Mollusques à coquille enroulée, puis les fameux Mammifères trouvés par Cuvier à Montmartre même, et qui comprennent les ancêtres du Cheval actuel.

Les quatre masses de gypse existent dans l'ordre suivant, à partir du haut : la première masse dite *haute masse* de gypse, la plus constante, la plus étendue et la plus épaisse de toutes, est remarquable par sa division prismatique qui lui a fait



Fig. 28. — Coupe de Meudon à Montmartre, montrant l'horizontalité des couches et le relèvement de la craie sur la rive gauche de la Seine.

13, craie ; 12, calcaire pisolithique ; 11, argile plastique ; 10, calcaire grossier ; 9, sable de Beauchamp ; 8, travertin de Saint-Ouen ; 7, marnes inférieures au gypse ; 6, gypse ; 5, marnes supérieures au gypse ; 4, sables de Fontainebleau ; 3, meulière supérieure ; 2, limon des plateaux ; 1, dépôt caillouteux de la Seine ; 14, Loess.

donner le nom de *hauts piliers* ; elle a 20 mètres de puissance à Montmartre et contient du gypse saccharoïde. La deuxième masse contient du gypse en cristaux *fer-de-lance*, mélangé à des marnes à Cérithes. La troisième masse ou *basse masse*, et la quatrième, sont moins constantes ; cette dernière a une épaisseur de 4 mètres à Bicêtre. La troisième masse contient le gypse *pied-d'alouette*, formé de cristaux blancs assez volumineux.

Quand il est pur, le gypse cristallise en prismes, qui s'associent pour donner de grandes lames de couleur blonde, d'une belle transparence ; ces lames, à contour arrondi, sont toujours mâclées, c'est-à-dire formées de deux parties symé-

triques dont l'une représente un demi-cristal ; l'une des parties de la mâcle, nommée *fer-de-lance*, peut être considérée comme résultant d'un retournement effectué autour d'un axe situé dans le plan de la lame cristalline et perpendiculaire à la ligne de réunion des deux parties.

Le gypse parisien a été ou est exploité à Montmartre, Pantin, Romainville, Bagnolet et Nogent-sur-Marne ; puis à Sannois, Argenteuil, Cormeilles, Herblay, Orgemont, Saint-Leu, Montmorency, etc.

Autres gypses français. — On rencontre le gypse en de nombreuses localités, et les dépôts sont de divers âges ; les uns sont tertiaires comme à Paris et Aix (Provence) ; les autres sont triasiques, comme dans la Meuse, la Moselle, la Meurthe, la Nièvre (Decize), l'Aveyron. Dans ces régions, le gypse se présente en filets séparant des bancs de marnes plus ou moins salifères ; ces filets, dont l'épaisseur est de quelques centimètres, sont nettement délimités ; ils sont formés de gypse fibreux pur, comme à Berzé-la-Ville (Saône-et-Loire).

A Dammard près Lagny, en Seine-et-Marne, est un beau massif de gypse saccharoïde qui, sous le nom d'albâtre gypseux, est très exploité. A Saint-Jean-de-Maurienne, le gypse est blanc, translucide et peut être employé comme ornement. Le plus beau gypse demi-translucide est tiré des gîtes de Volterra (Toscane) ; il est blanc et veiné de lignes brunâtres.

Propriétés du gypse. — Les cristaux de gypse sont facilement clivables, ils sont souples, et sont rayés à l'ongle ; ils correspondent à la formule $SO^4Ca + 2H^2O$, et contiennent de 4 à 12 p. 100 de carbonate de chaux, d'argile et d'oxyde de fer. Mis en présence de l'eau, le gypse se dissout lentement, ce qui explique que de nombreuses eaux naturelles (Paris, rive gauche) contiennent une assez grande proportion de sulfate de chaux pour être lourdes, indigestes, cuisant mal les légumes, ne permettant pas le savonnage et incrustant les chaudières ; on les nomme *eaux séléniteuses*.

Un litre d'eau à 0° dissout 1gr,90 de gypse (compté en SO^4Ca).
— 38° — 2gr,14 — —
— 99° — 1gr,75 — —

Ces chiffres expliquent la formation des incrustations dans les vases où l'on porte à l'ébullition des eaux séléniteuses.

Sous l'action de la chaleur, le gypse perd son eau, 20 p. 100, et de *plâtre cru* devient *plâtre cuit*. La déshydratation est lente à 100°, rapide à 120°. Si la température n'a pas dépassé 120° pendant la cuisson, le plâtre reprend bien son eau de cristallisation, mais si on a chauffé à 160°, le plâtre s'hydrate très lentement ; toutes les parties qui ont été portées au rouge sont devenues inertes, aussi faut-il maintenir dans les fours à plâtre la température à 120 ou 130° environ.

FABRICATION DU PLATRE.

La préparation du plâtre comprend deux opérations : la *cuisson* et la *pulvérisation*.

Cuisson. — La cuisson, qui a pour but de déshydrater le gypse, s'effectue dans des fours à plâtre ordinairement très simples, pour lesquels on emploie des matériaux peu réfractaires, puisque la température ne doit pas être élevée.

Le four que l'on construit aux environs de Paris est formé *d'un foyer où l'on* brûle, sur une grille, du bois ou de la *houille à longue flamme*; une voûte (réfractaire) qui surmonte *le foyer, et qui est percée d'orifices*, constitue le plancher du *four proprement dit*. Celui-ci est une grande cuve de forme *ovoïde, construite en maçonnerie*, et présentant une ouverture *latérale au niveau* du plancher, pour le défournement ; *l'ouverture supérieure*, ou *gueulard*, sert pour l'enfournement et est maintenue ouverte. Pour la mise en marche, on dispose les blocs de pierre à plâtre dans le four et on fait une première cuisson ; dans la suite, on enfourne par le gueulard, la pierre à plâtre descend dans la cuve, elle se déshydrate peu à peu, et on la retire par la partie inférieure ; la marche est donc continue.

Un four très simple, mais très employé, consiste en une vaste chambre dont les quatre murs sont en maçonnerie épaisse et dont la voûte est percée de plusieurs orifices ; une toiture légère

formant hangar abrite le tout (fig. 29). Avec les gros fragments de pierre à plâtre on construit de petites voûtes sur le sol de la chambre, puis on les charge avec des morceaux plus petits et enfin avec la poussière, jusqu'à plus de la moitié de la hauteur. Par les embrasures ménagées dans deux des murs, on allume

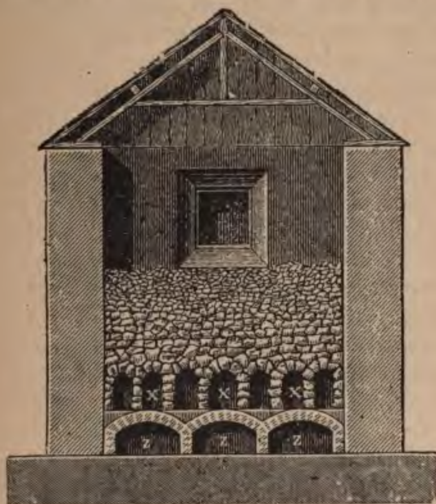


Fig. 29. — Four à plâtre.

des feux de fagots disposés sous les voûtes et on entretient le feu pendant une demi-journée (dix à quinze heures). On reconnaît que l'opération est terminée à l'aspect de la fumée et du plâtre. Le défournement se fait par une large ouverture spécialement ménagée. Dans ces fours, le plâtre se cuit très irrégulièrement, mais le mélange obtenu avec les diverses parties de la masse donne un plâtre de bonne prise.

Des fours plus perfectionnés sont construits pour obtenir une cuisson régulière (fours de Scanegatty, de Dumesnil). En principe, ils se composent d'un foyer inférieur et latéral dont la flamme arrive au centre et au bas du four proprement dit ; là, par des ouvertures ménagées et judicieusement réparties, les gaz chauds passent dans le four qui est une grande

chambre circulaire voûtée où est disposée la pierre à plâtre ; des ouvertures supérieures assurent le tirage.

Un modèle de four, très différent, est dû à Hoffmann ; ce four se compose d'un cylindre horizontal continuellement chauffé ; la pierre à plâtre est placée dans un wagonnet que l'on roule dans le cylindre où il séjourne ; la cuisson achevée, on roule le wagonnet et on le remplace par un autre.

Pulvérisation. — La cuisson a transformé la pierre à plâtre, dont les cristaux sont plus ou moins transparents, en une matière blanche très friable, facile à écraser entre les doigts. Aussitôt après le défournement, le plâtre cuit est pulvérisé, soit avec des battes de bois, soit mieux avec un moulin. Trois sortes de moulins sont employés : les moulins à pilons, les moulins à cylindres et les moulins à meules horizontales, identiques aux manèges à mortier, mais plus petits. La poussière obtenue est tamisée, puis tassée dans des tonneaux secs. Le plus souvent, la poudre est mise dans des sacs dont la contenance est de 25 litres, et dont le maniement est facile.

Composition du plâtre. — Le plâtre cuit est du sulfate de chaux anhydre, mélangé de matières étrangères, telles que le carbonate de chaux, la silice, et de petites quantités de matières terreuses (argile et oxyde de fer). Ces impuretés influent sur ses propriétés et on attribue la supériorité des plâtres de Montmartre et d'Aix à la silice gélatineuse qu'ils contiennent ; la présence du calcaire est peu importante, puisque les plâtres de Montmartre en contiennent jusqu'à 13 p. 100 et sont presque identiques à ceux de Romainville qui en contiennent 3 p. 100.

Emploi du plâtre. — Pour gâcher le plâtre, le servant verse de l'eau dans une auge, il y ajoute un volume égal de plâtre en poudre et gâche avec la truelle ; une grande partie du plâtre se dissout et la masse durcit en quelques instants ; on dit que le plâtre *fait prise*. Ainsi employé, le plâtre est gâché serré ; on le gâche clair en ajoutant plus d'eau, ce qui retarde la prise, mais diminue la résistance ; on peut aussi l'employer en coulis, mais sa résistance est très faible, il est noyé.

Prise du plâtre. — Plusieurs théories de la prise du plâtre furent émises par les chimistes, pour tenir compte des faits

suivants : au moment de son emploi, le plâtre prend, puis peu à peu il sèche et acquiert une dureté plus grande.

La théorie de Gay-Lussac est classique : dans un premier temps, le sulfate de chaux s'hydrate, l'eau le dissout, et la cristallisation en cristaux enchevêtrés réalise la prise ; dans un deuxième temps, la solution non cristallisée, mais interposée entre les cristaux, perd son eau par évaporation lente et elle dépose de nouveaux cristaux, qui lient intimement les premiers et donnent à la masse toute sa dureté.

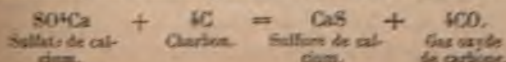
Le phénomène paraît plus complexe : dans un premier temps, le sulfate s'hydrate et donne une solution sursaturée ; assez brusquement, cette solution cristallise (prise) en déposant des cristaux $SO^4Ca + 2H^2O$. Dans un deuxième temps, et lentement, les premiers cristaux formés grossissent aux dépens de la solution qui est interposée entre eux et qui conserve sa saturation en raison de la présence de particules de sulfate anhydre non encore attaquées ; à la fin, les premiers cristaux grossis constituent la masse solide et dont la composition correspond à la formule $SO^4Ca + 2H^2O$.

Pendant la prise, le plâtre augmente son volume de un cinquième environ, ce qui peut provoquer des fendillements dans la masse si elle est très étendue.

USAGES DU PLATRE.

Les usages du plâtre sont très nombreux.

Plâtre pour l'agriculture. — Depuis longtemps on connaît l'avantage de l'emploi du plâtre pour amender les terres, et aussi comme engrais ; Franklin le recommandait très vivement. On l'emploie pour la culture des légumineuses fourragères, soit seul, soit mélangé aux superphosphates. On le prépare par la méthode ordinaire, mais plus souvent on se sert de fours à feu continu dans lesquels les charges alternatives sont composées de combustible et de pierre à plâtre. Le produit obtenu n'est pas blanc, et il contient du sulfure de calcium provenant de la réduction du sulfate par le charbon, suivant la réaction :



SO^4Ca	+	$4C$	=	CaS	+	$4CO$.
Sulfate de calcium.		Charbon.		Sulfure de calcium.		Gaz oxyde de carbone.

Plâtrerie. — Le plâtre est très employé pour la confection des enduits intérieurs des édifices, pour le montage des cloisons et constructions légères, pour le scellement des carreaux, des marbres, pour les plafonds, etc. On l'emploie même, surtout à Paris, pour les extérieurs, en imitation de la pierre, mais il ne faut pas oublier que le plâtre reste soluble, très peu il est vrai ; aussi n'emploie-t-on pour cet usage que les plâtres de Montmartre ou d'Aix qui sont légèrement siliceux et très résistants. On ne saurait employer le plâtre pour fondations, caves, parties humides en général.

La résistance du plâtre à l'écrasement est donnée par le tableau suivant :

Plâtre gâché clair..	42	kilos par cent. carré.
— ferme..............	90	—
— à l'eau (moyenne)..	50	—
— au lait de chaux (moyenne)........	72	—

Le plâtre est quelquefois employé comme mortier dans les constructions légères ; on le mêle alors au sable, et sa résistance à l'arrachement (traction), est la suivante :

Plâtre gâché clair.............. .	4	kilos par cent. carré.
— serré...............	14	—
— avec 1,5 volume de sable.....	6	—
— avec du gros sable.	4	—
— avec du menu gravier.....	3	—

Le plâtre adhère bien aux pierres, aux briques, au fer préalablement humectés ; il n'adhère pas aux bois, aussi larde-t-on ceux-ci (lattes de plafond) de petits clous saillants. Comme il adhère au fer, on ne doit pas employer de truelles en fer.

Les carreaux de plâtre sont des dalles confectionnées à l'avance avec du plâtre neuf et des plâtras, et servant à la construction des cloisons légères ; leur montage est très rapide.

Stuc. — La molécule de sulfate de chaux du plâtre cristallise avec deux molécules d'eau, dont l'une est eau saline et

l'autre eau de cristallisation ; la première molécule peut être remplacée par une molécule d'un sel différent, et le résultat s'obtient en gâchant le plâtre avec la solution du sel à substituer, au lieu de l'eau. Par durcissement, on a des stucs, sorte de plâtres durs, imitant plus ou moins le marbre, surtout quand on y a incorporé des pâtes colorées. L'emploi des stucs remonte à la découverte de Mathieu Damny, au XVIIe siècle, mais on se servait déjà dans l'antiquité de stuc à la colle pour imiter le marbre.

Les matières que l'on peut employer à la confection des stucs sont très nombreuses ; citons les sels de potassium, le sulfate, le carbonate, le bitartrate, le silicate, le sulfate de zinc, l'alun, le borax ; le durcissement de ces stucs a lieu plus vite que celui du plâtre gâché à l'eau, il est presque immédiat avec le bitartrate de potassium. Des solutions de colle forte ou gélatine, de gomme arabique retardent le durcissement, mais communiquent à la masse une demi-transparence qui la fait ressembler au marbre.

Les matières colorantes que l'on incorpore au stuc sont principalement le bleu Guimet et le bleu d'Outre-Mer, le brun Van-Dyck, le jaune de chrome, la laque carminée, les noirs de fumée, les ocres jaune, rouge, de Prusse, la terre d'ombre et la terre de Sienne calcinée, le vermillon dit *d'Allemagne*.

Stuc à la colle. — A du plâtre fin on ajoute une dissolution de colle forte (colle de Givet) et une petite quantité de sulfate de zinc dissous ; on gâche et on applique sur la maçonnerie. La dessiccation est lente ; on polit à la pierre ponce, puis on passe au pinceau une légère couche de plâtre gâché avec une solution de colle plus concentrée ; on polit à nouveau avec un tampon de toile imbibé de tripoli et d'huile, enfin on passe à la cire vierge.

Les stucs colorés, imitant les marbres, sont formés avec des galettes de stucs de couleurs diverses, que l'on place les unes sur les autres ; le bloc ainsi formé est divisé en tranches que l'on applique sur la surface à enduire. On obtient par ce procédé des décorations intérieures d'un très bel effet, et d'un bon marché relatif.

Stuc français. — Le stuc à l'alun est obtenu avec un plâtre

spécial. Après une première cuisson, le plâtre est trempé dans l'alun, puis il est séché et recuit; on pulvérise et on gâche avec une solution d'alun. L'absorption d'alun est de 2 à 3 p. 100, la prise est lente, mais le durcissement est très grand, tandis que la transparence rappelle celle du beau marbre. D'après Landrin, l'alun (sulfate double de potasse et d'alumine) agit seulement par son acide sulfurique pour transformer en sulfate de chaux le carbonate (calcaire) que contient le plâtre; aussi obtient-on le même résultat en trempant pendant quelques minutes, avant la cuisson, la pierre à plâtre dans une eau acidulée à 10 p. 100 d'acide sulfurique.

De ces composés il faut rapprocher des produits commerciaux connus sous les noms de *scaliogla* ou stuc d'ornementation, de *ciment de Paros* ou stuc au borax, de *ciment de Scott* ou plâtre-ciment, de *pierre artificielle de Kuhlmann*.

Moulage. — Le plâtre est très employé pour le moulage et la prise des empreintes, en raison de la facilité de sa manipulation, de sa fluidité, puis de sa dureté; parce qu'il augmente de volume en faisant prise, ce qui lui permet d'épouser les formes des objets moulés; enfin à cause de la finesse de son grain. On emploie habituellement une partie de plâtre et deux parties d'eau et on coule sur l'objet préparé; si celui-ci présente des reliefs compliqués, un réseau de fils est placé de façon à le diviser en compartiments; quand la prise est commencée, on enlève les fils qui, tranchant le plâtre, le divisent en parties correspondant aux principaux reliefs et capables d'être détachés séparément. La réunion de ces parties constitue un moule en creux complet; à son tour, ce moule servira pour la confection des reproductions de l'objet, si on a soin d'huiler légèrement le moule pour éviter l'adhérence avec le plâtre frais coulé à son intérieur.

Les objets en plâtre ne peuvent être mis en présence de l'eau sans avoir été préparés. On les imprègne d'une eau de baryte ou de verre soluble (silicate de potassium), on laisse sécher, puis on mouille avec une solution alcoolique de savon. Pour la galvanoplastie, les moules en plâtre sont immergés dans une solution de stéarine fondue. On peut employer la paraffine dissoute dans l'éther de pétrole, ce qui donne une

transparence rappelant celle de l'écume de mer imprégnée de cire, et on peut colorer avec un peu de gomme-gutte ou de sang-dragon.

Le plâtre fin est encore employé pour la statuaire, pour la confection des maquettes, et pour le staf.

Autres usages du plâtre. — Le plâtre cru est employé dans la fabrication du sulfate d'ammoniaque (pour engrais) au moyen du carbonate ; on en ajoute aux pâtes à papier pour le remplissage. Le plâtre sert pour enlever les taches d'huile parce qu'il absorbe les corps gras ; il entre dans l'apprêt de certains tissus ; répandu dans les écuries, il absorbe l'ammoniaque.

Le gypse fibreux forme le sable à poudrer ; le gypse spathique est une poudre d'argenterie. La tripolithe est de la pierre à plâtre cuite avec un peu de calcaire, de carbonate de magnésie, de sable fin et un centième de charbon : elle sert à polir et nettoyer les objets d'argent.

Prix moyens.

Plâtre..	Ordinaire et fin		17 à 20 fr.	le mètre cube.
	De stucateur		6 fr.	les 100 kg.
	D'albâtre		22 fr. 50	le kilogr.
Stuc....	Pour saillie (masse).	Ton de pierre	200 fr.	le mètre cube.
		Jaune de Sienne	360	—
		Portor, griottes	480	—
		Campans, noir fin	540	—
	A la brosse (épaisseur 3 à 7 millimètres)		8 à 12 fr.	le mètre superficiel.
	A la truelle (épaisseur 7 millimètres)		14 à 22	—
	A la fresque		5	—

ASPHALTE

L'asphalte est un calcaire imprégné de matières bitumineuses, principalement formées de carbures d'hydrogène visqueux (bitume).

Cette roche a l'aspect de la pierre à plâtre, avec la couleur chocolat foncé ; coupée, elle a une section blanchâtre ; son grain est fin. L'asphalte est formée de 92 p. 100 de calcaire et de 8 p. 100 de bitume. Sous l'action de la chaleur, cette

roche devient visqueuse; le froid la rend sèche et très dure.

Les gisements d'asphalte sont peu nombreux; ceux de la France sont situés sur une ligne parallèle au Jura, de Wissembourg à Chambéry; ils sont situés au-dessus du terrain jurassique. Le gisement de Pyrimont, sur les rives du Rhône, entre Bellegarde et Seyssel est d'âge infra-crétacé, il est voisin des gisements suisses de Saint-Aubin, de Vallorbe et du Val Travers. En Auvergne, les asphaltes des Roys (près Clermont-Ferrand) sont oligocènes; dans le Gard, les gîtes sont éocènes. Près de Givet, le calcaire asphaltique est assez résistant pour être employé à la construction.

·L'exploitation est faite à ciel ouvert ou dans des galeries et par les moyens employés pour les roches tendres. La roche extraite est cassée comme le caillou de route, puis elle est pulvérisée. La pulvérisation à froid est faite dans un moulin à noix. La pulvérisation à chaud se fait en ramollissant la roche dans des caisses de tôle chauffées; le bitume se ramollit et les grains calcaires se séparent. La poudre est tamisée et vendue, ou bien elle est agglomérée en pains cylindriques aplatis obtenus par moulage de la poudre, fondue avec du bitume (un quinzième).

L'asphalte en poudre est employé pour la confection des chaussées; sur un lit de béton, on étend la poudre d'asphalte préalablement chauffée, on pilonne et on comprime au rouleau.

L'asphalte en pains est mélangé avec 6 p. 100 de sable de rivière, puis étendu chaud sur un lit de béton, pour la confection des trottoirs; on saupoudre ensuite avec du sable.

La résistance à l'usure de l'asphalte pour trottoirs est cinq fois plus grande que celle des bordures de trottoirs en granite, et trois fois plus grande que celle des carreaux en grès cérame.

La production annuelle d'asphalte en France est environ 18 000 tonnes valant 750 000 francs. L'île de la Trinité fournit une grande partie du bitume nécessaire à la confection de l'asphalte pour trottoirs; on emploie aussi à cet usage le bitume de la fontaine de Poix (près Clermont-Ferrand), le bitume ou goudron de houille et le bitume de suif.

STATISTIQUE DES PIERRES ET DES MARBRES

La nature des matériaux de construction tirés des calcaires est telle que leur emploi se fait ordinairement sur place, ou à de faibles distances; aussi le commerce auquel ces matériaux donnent lieu est-il un commerce intérieur. La France est du reste très riche en pierres de toutes sortes, en pierre à plâtre, en ardoises, et même en marbres.

Dans les chapitres consacrés à chaque catégorie de pierres, nous avons fourni les données géographiques, lieux d'extraction, principales carrières, puis les conditions de vente, avec l'indication des dimensions usuelles et des prix moyens ; il reste donc à étudier la statistique particulière aux pierres de valeur, aux marbres, qui font l'objet d'un commerce intérieur et extérieur important et pour lesquels les publications du Ministère du commerce (*Annales du commerce extérieur*) adoptent un titre spécial, distinct du titre *Matériaux*.

Historique des marbres. — Pour la statuaire et pour la décoration, les anciens ont employé les marbres et les pierres colorées que contenaient la Grèce et les îles Ioniennes; on peut citer les célèbres marbres de Paros dans lesquels ont été sculptées la plupart des statues grecques, les marbres de l'Attique, du Pentélique, de l'Hymette. Rome tira ses marbres des mêmes carrières, et vers la fin de la République romaine on commença l'exploitation des beaux marbres de Carrare, en Italie, et aussi celle des marbres de l'ancienne Gaule. Ces marbres gaulois peuvent être retrouvés dans quelques villes gallo-romaines et aussi à Rome. L'invasion des Barbares arrêta cette industrie naissante, et ce n'est que de temps à autre que les marbres furent employés dans les églises gothiques.

La Renaissance donna un bel essor à la marbrerie, sous François I[er], Henri IV, et surtout sous Louis XIV. La découverte des beaux gisements des Pyrénées et des Alpes permit la décoration de l'église des Invalides, des Tuileries, du Louvre, de Versailles, etc. L'exploitation des carrières fut faite par l'État, et l'extraction fut telle que les dépôts de marbres constitués par Louis XIV ne furent épuisés que par Napoléon I[er].

L'Empire, la Restauration donnèrent un nouvel essor à l'industrie du marbre par la recherche des décorations polychromes, pour les édifices et pour les meubles. Cette industrie, restée industrie d'État, contraignait les marbriers à se procurer la matière première au garde-meuble ; au commencement du XIXe siècle, l'exploitation des carrières devint entreprise particulière et elle est aujourd'hui très florissante.

Une carrière fournissant du *ravaccione*, ou troisième qualité de Carrare, fut pendant longtemps exploitée en Toscane pour le compte de l'État français, et fournit à la statuaire des marbres blancs, du reste assez peu résistants à l'air.

Marbrerie française. — La marbrerie française est la première du monde, en raison de l'abondance, de la beauté et de la variété des marbres pyrénéens ; seule l'Italie possède des carrières rivalisant avec celles de la France, mais les marbres italiens sont souvent travaillés en France, principalement à Paris.

Le prix de transport grevant le marbre de frais élevés, les scieries sont presque toutes installées aux frontières. Les marbres de Belgique sont sciés à Maubeuge, Cousolre, Jeumont ; ceux d'Italie sont sciés dans l'Isère (à Grenoble), dans l'Ain (à Glandieu) et dans le Jura (à Molinges et à Saint-Amour); ceux d'Espagne sont travaillés à Paris et à Toulouse.

Les marbres riches se travaillant presque tous en France (aussi en Chine et au Japon), les importations se font par Marseille pour les marbres algériens, tunisiens, espagnols ou grecs et ils sont sciés à l'arrivée ; les marbres d'Angleterre viennent par le Havre, ceux de l'Amérique du Sud (onyx du Mexique) par Saint-Nazaire et par Anvers, ainsi que ceux de Scandinavie.

La mise en œuvre, destinée à donner au marbre sa forme marchande, est faite surtout à Paris. Les principaux marchés de vente sont à Carrare (Italie), à Paris, Londres, Anvers.

Données économiques. — Les données qui ont été précédemment fournies suffisent pour montrer la richesse de la France et de l'Algérie en pierres de toutes sortes, et la répartition géographique des principales carrières, dont le nombre est d'environ 36000. La présence de la pierre à bâtir et de la pierre à plâtre dans une contrée est du reste une

cause importante de sa richesse, par la facilité qu'elle procure d'édifier les habitations dont l'agglomération constitue la cité.

Le commerce des pierres est surtout un commerce intérieur, local, et les marbres seuls font l'objet d'un commerce extérieur important.

Les importations de marbres pendant la période décennale 1890-1900 ont varié de 30 000 à 50 000 tonnes, avec des valeurs presque stationnaires de 4 millions de francs. Les exportations, dans les statistiques du Ministère du commerce, ne sont pas reprises spécialement.

Les pierres de toutes sortes, sous le titre *Matériaux*, figurent, pendant la même période, pour :

1° A l'importation :

900 000 à 1 400 000 tonnes valant 17 millions à 11 millions de francs.

2° A l'exportation :

Années.	Tonnes.	Valeurs.
—	—	—
1890	925 000	28 millions de francs.
1892	700 000	17 —
1898	10 200 000	25 —
1899	9 670 000	25 —

Les meules à moudre représentent à l'exportation (1899) :

10 000 tonnes valant 2 500 000 francs.

Droits de douane. — Les droits qui frappent les produits étrangers à l'entrée en France sont calculés d'après un double tarif : l'un, dit *tarif minimum*, est applicable à tous les produits originaires de pays qui accordent un traitement de faveur aux produits français ; l'autre, le *tarif général*, est applicable dans les autres cas. Le tarif minimum est appliqué à tous les produits européens, sauf ceux originaires du Portugal.

Les droits désignés par ces tarifs peuvent être augmentés de deux surtaxes : l'une, dite *surtaxe d'origine*, est due par les produits d'origine européenne qui sont importés d'ailleurs

que du pays de production; l'autre, dite *surtaxe d'entrepô*, est due par les produits d'origine extra-européenne, importés des entrepôts d'Europe. En raison de la complication qui résulterait de l'indication de ces surtaxes, nous donnerons seulement les droits principaux (les lettres B ou N du tableau indiquent les poids *brut* ou *net*).

		Tarif général.	Tarif minimum.
Marbres (par 100k.B.).	Bruts ou équarris...........	exempts.	exempts.
	De 4 à 16 centim. d'épaisseur.	2,5	1,5
	Moins de 4 centimètres.....	4,5	3,5
	Moulurés, tournés..........	10	8
	Sculptés, cheminées, pendules, statues (100 k. N.)..	20	15
Pierres (par 100k.B.).	Plus de 16 centim. d'épaisseur.	exemptes.	exemptes.
	De 4 à 16 centimètres.......	1	0,4
	Moins de 4 centimètres......	2	0,8
	Moulurées, polies...........	4	1
	Sculptées, cheminées, statues (100 k. N.)........	15	10
Meules........................		exemptes.	exemptes.
Albâtre (par 100k.B.).	Brut ou équarri.............	exempt.	exempt.
	Plus de 16 centim. d'épaisseur.	Id.	Id.
	Moins de 16 centimètres.....	3	2,5
	Sculpté.....................	6	6
	Statues modernes (100 k. N.).	18	12
Ardoises (par 100k.B.).	Brutes	exemptes.	exemptes.
	Pour toitures...............	1,4	1
	Dalles et tables.............	4	3
	Destinées à l'écriture et au dessin....................	5	3,75

Statistique du travail. — Le grand nombre des industries qui ont pour but l'extraction, le travail, le transport et l'emploi des pierres crée une difficulté très grande à l'indication précise de données statistiques; cependant, l'importance de ces industries nous contraint à fournir les moyennes du nombre des travailleurs qu'elles emploient.

Les carrières occupent 1,1 p. 100 de la population active de la France; la taille et le polissage des pierres et des marbres, 0,87 p. 100; les travaux de terrassement et de construction,

8,67 p. 100. Pour le transport, qui intéresse 6,61 p. 100 de la population active, il est impossible de fixer la part qui revient aux pierres.

Carrières. — Les ardoisières occupent 10 300 personnes, dont 36 p. 100 en Maine-et-Loire, 21 p. 100 dans les Ardennes et 15 p. 100 dans la Mayenne. Sous le nom de carrières diverses, comprenant principalement les carrières de pierre à bâtir et de pierre à plâtre, les statistiques comptent 50 800 travailleurs, dont 9 p. 100 en Seine-et-Oise.

Taille et polissage des pierres. — La mise en œuvre des pierres comprend des professions très diverses, les unes presque uniformément réparties sur le territoire, les autres localisées. Voici les principales :

Cassage de pierres, de cailloux........	2 000	travailleurs.
Piquage de granite....................	1 100	—
Tailleurs, scieurs, tourneurs de pierres.	28 600	—
Scieurs, polisseurs, tourneurs de marbre.	900	—
Fabrique de cheminées en marbre.....	300	—
Marbrerie de bâtiment........	200	—
Marbrerie (sans indication)............	8 200	—
Entrepreneurs de monuments funèbres.	4 000	—
Gravure sur marbre et sur pierre	100	—
Sculpture sur marbre et sur pierre....	1 500	—
Fabrique et polissage de pendules en marbre............................	400	—
Ornemanistes	1 100	—
Moulage en plâtre....................	2 900	—
Stucateurs (et carton-pierre)..........	300	—
Objets en albâtre (et pétrifications)....	100	—

Statistiques particulières. — Les principaux départements intéressés par les industries des pierres sont ceux de Seine-et-Oise pour l'extraction des pierres à bâtir et des gypses, de Maine-et-Loire et des Ardennes pour celle des ardoises, des Hautes-Pyrénées et du Nord pour celle des marbres. En Seine-et-Oise, les carrières occupent 4 650 travailleurs, la taille et le polissage des pierres 838 ; Maine-et-Loire compte 3 740 carriers d'ardoises, 520 de pierres à bâtir et 170 de granite et de grès ; 2 140 ouvriers extraient les ardoises des Ardennes, tandis que le Nord compte 1 140 carriers, dont

---

5098-02. — Corbeil. Imprimerie Éd. Crété.

L'Industrie agricole, par F. CONVERT, profess[illegible]

l'Institut agronomique. 1901. 1 vol. in-16 de [illegible] pages, cart. [illegible]

[illegible]

Précis de Chimie agricole, par [illegible] GAIN, [illegible]

de conférences à la Faculté des Sciences de Nancy, 1895, 1 vol. in-[illegible] de [illegible] pages, avec 92 figures, cartonné .... [illegible]

[illegible]

Analyse et Essais des Matières agricol[illegible]

par A. VIVIER, directeur de la Station agronomique et du labora[illegible] toire départemental de Melun. 1897, 1 vol. in-16 de [illegible] pages, av[illegible] [illegible] figures, cartonné .... [illegible]

[illegible]

Le Pain et la Panification, *chimie et technologie [illegible] la boulangerie et de la meunerie*, par L. BOUTROUX, professeur [illegible]

chimie à la Faculté des Sciences de Besançon, 1897, 1 vol. in-16 [illegible] [illegible] pages, avec 57 figures, cartonné............................ [illegible]

[illegible]

Le Tabac, culture et industrie, par Émile BOUANT, [illegible]

Sciences physiques. 1901, 1 vol. in-16, [illegible] pages, avec [illegible] figures, cartonné.. [illegible]

[illegible]

Produits chimiques employés en médecine, *chi-* *analytique et fabrication industrielle*, par A. TRILLAT. Intro- ... par P. SCHUTZENBERGER, de l'Institut. 1894, 1 vol. in-16 ... pages, avec 67 figures, cartonné .... 5 fr.

...chapitres sont consacrés à la classification des ... à leur ... à leurs procédés de préparation et à la détermination de la valeur d'un ... Vient ensuite une classification rationnelle des produits ... de la série grasse et de la série aromatique. Pour chaque substance on trouve ... chimique, les procédés de préparation, les propriétés physiques, chi- ... physiologiques et la forme sous laquelle elle est employée.

Pétrole, exploitation, raffinage, éclairage, chauffage, force ...ique, par A. RICHE, directeur des essais à la Monnaie et G. HAL- ..., chimiste du Ministère du commerce. 1896, 1 vol. in-16 de ...pages, avec 114 figures, cartonné .... 5 fr.

...s et méthodes d'extraction et de raffinage, procédés suivis en Amérique, en ... France et en Autriche-Hongrie, pour la séparation et la purification des ...huiles lampantes, huiles lourdes, paraffines et vaselines. ...: éclairage et chauffage; production d'énergie mécanique; lubrification; ... des différentes huiles et méthodes d'essai.

...res et Émaux, par L. COFFIGNAL, ingénieur des ... et manufactures. 1 vol. in-16 de 333 pages, avec 120 figures, ...nné .... 5 fr.

...ière partie du livre de M. Coffignal est consacrée aux *Verres*. Composition, ... physiques et chimiques et analyse des verres, des fours de fusion, produits ... et préparation des pâtes, procédés de façonnage du verre, produits spéciaux, ... verres sans ... ; verres ..., verres de Bohême, cristal, verres d'optique, ... du verre.

...ième partie est consacrée aux *Émaux et glaçures*. Composition, matières pre- ... des glaçures, fabrication et pose des glaçures, emploi des émaux.

...nologie de la Céramique, par E.-S. AUS- ..., ingénieur des arts et manufactures. 1901, 1 vol. in-16, avec ...ures, cartonné .... 5 fr.

... des poteries. — Argiles, feldspaths, kaolins, quartz, craie, pâtes et ... préparation des pâtes, façonnage des pâtes, préparation des ... et émaux, émaillage, séchage et cuisson, encastrage, enfournement, fours ... — ... fours d'essai, ... des poteries, ... et ... ..., ... céramiques.

Industries céramiques, par E.-S. AUSCHER. 1 vol. in-16, avec ... figures, cartonné .... fr.

... de la céramique. — Poteries non vernissées poreuses. — Terres cuites. — ... Tuiles. — Tuyaux. — Jarres. — ... — ... — ... — ... — Filtres. — Carreaux. — Poteries vernissées à pâte poreuse. — ... — Faïences stannifères. — Majoliques. — ... — Poteries vernissées à pâte non poreuse. — ... — Porcelaines dures. — Porcelaines de Sèvres. — ... — Porcelaines orientales. — Porcelaines tendres. — Poteries non vernissées ... poreuses. — ...

La Bière et l'Industrie de la Brasserie

par PAUL PETIT, professeur à la Faculté des Sciences, directeur [illegible] l'École de brasserie de Nancy, 1895, 1 vol. in-16 de 420 pages, [illegible] 74 figures, cartonné.. 5 [illegible]

Matières premières : Maltage. — Étude de l'eau, du houblon, de la [illegible] — [illegible] Cuisson et houblonnage, refroidissement et oxygénation des moûts. — Fermentation. — Maladies de la bière. — Contrôle de fabrication. — Consommation et valeur alimentaire de la bière. — Installation d'une brasserie. — Enseignement technique.

Chimie du Distillateur, *matières premières et produits de fabrication*,

par P. GUICHARD, ancien chimiste de distillerie, 1895, 1 vol. in-16 de 408 pages, avec 75 figures, cartonné...... [illegible]

Ce volume a pour objet l'étude chimique des matières premières, et des produits de fabrication de la distillerie. M. Guichard étudie successivement les éléments [illegible] de la distillerie, leur composition et leur usage industriel.

Microbiologie du Distillateur, *ferments et fermentations*,

par P. GUICHARD, 1895, 1 vol. in-16, de 292 pages, avec 106 figures et 33 tableaux, cartonné............................ 5 [illegible]

Historique des fermentations ; matières albuminoïdes ; ferments [illegible] [illegible] ou enzymes ; ferments figurés et levures ; fermentations ; [illegible] industrielle des matières fermentées, malt, moûts, drêches, etc. Tableaux de la [illegible], des spiritueux, du poids réel d'alcool pur, des richesses alcooliques, etc.

L'Industrie de la Distillation, *levures et alcools*,

par P. GUICHARD, 1897, 1 vol. in-16 de 415 pages, avec 126 figures, cartonné.. [illegible]

Fabrication des liquides sucrés par le malt et par les acides. — Fermentation [illegible] grains, pommes de terre, mélasses, etc. — Industrie de la levure de [illegible] [illegible] et levures pures. — Fabrication de l'alcool : grains, pommes de terre, mélasses. [illegible] Distillation et purification de l'alcool. — Applications : levures, alcools, résidus.

Placé pendant longtemps à la tête du laboratoire d'une fabrique de levure, M. Guichard a pu apprécier les besoins de cette grande industrie, et le traité qu'il publie aujourd'hui [illegible] donne satisfaction, en mettant à la portée des industriels, sous une forme [illegible] [illegible] complète, les travaux les plus récents des savants français et étrangers.

Le Sucre et l'Industrie sucrière, par PAUL

HORSIN-DÉON, ingénieur-chimiste, 1895, 1 vol. in-16 de 462 pages, avec 83 figures, cartonné.. 5 [illegible]

Ce livre passe en revue tout le travail de la sucrerie, tant au point de vue pratique de l'usine, qu'au point de vue purement chimique du laboratoire ; c'est un exposé [illegible] tant les plus récents perfectionnements. Voici le titre des différents chapitres :

La betterave et sa culture. — Travail de la betterave et extraction du jus par [illegible] et par diffusion, travail du jus, des écumes et des jus troubles, saturation, évaporation, [illegible]. — Appareils d'évaporation à effets multiples. — Turbinage. — [illegible] de la mélasse. — Analyses. — Sucre de canne ou saccharose. — Glucoses, [illegible] [illegible]. — Analyse de la betterave, des jus, des écumes, des sucres, des [illegible] [illegible], etc. — La canne de canne, culture et fabrication. — Raffinage des sucres.

Savons et Bougies, par JULIEN LEFÈVRE, agrégé des sciences physiques, professeur à l'École des sciences de Nantes, 1894, 1 vol. in-16 de 404 pages, avec 110 figures, cartonné .... 4 fr.

M. Lefèvre expose d'abord les notions générales sur les corps gras neutres. Il traite ensuite de la savonnerie et décrit les matières premières, les procédés de fabrication, les falsifications et les modes d'essai. La seconde partie contient la fabrication des bougies [illegible], fabrication des bougies [illegible], etc., fabrication de la glycérine.

Dans les deux industries, l'auteur s'est appliqué à faire connaître les méthodes et les appareils les plus récents et les plus perfectionnés.

Couleurs et Vernis, par G. HALPHEN, chimiste au Ministère du commerce, 1894, 1 vol. in-16 de 388 pages, avec 29 figures, cartonné .... 4 fr.

Ce livre présente l'ensemble des connaissances générales relatives à la fabrication des couleurs et vernis, tant au point de vue technique que dans leurs rapports avec l'art, l'industrie et l'hygiène.

On trouvera réunis dans ce volume tous les renseignements qui peuvent guider l'amateur ou l'artisan dans le choix des substances qu'il veut employer et le fabricant dans les manipulations qu'entraîne leur préparation. Il a été suivi une marche uniforme à propos de chaque couleur : la synonymie, la composition chimique, la fabrication, les propriétés et les usages. L'auteur a pu recueillir auprès des industriels un grand nombre de renseignements pratiques sur les procédés les plus employés.

Les Parfums artificiels, par EUG. CHARABOT, chimiste-industriel, professeur d'analyse chimique à l'École commerciale de Paris, 1899, 1 vol. in-16 de 300 pages, avec 25 figures, cartonné .... 4 fr.

Les parfums synthétiques qui, incontestablement, présentent le plus d'intérêt au point de vue de leurs applications sont : le terpinéol, la vanilline, l'héliotropine, l'ionone, le musc artificiel. Ce sont eux qui ont droit au plus grand développement.

Toutefois l'auteur étudie en outre plusieurs principes naturels à composition définie (linalol, géraniol, safrol) qui servent de matières premières pour la préparation de substances odorantes.

Ce livre rendra service aux chimistes, aux industriels, aux [illegible].

Cuirs et Peaux, par H. VOINESSON DE LAVELINES, chimiste au Laboratoire municipal, 1894, 1 vol. in-16 de 451 pages, avec 28 figures, cartonné .... 4 fr.

M. Voinesson de Lavelines passe d'abord en revue les peaux employées dans l'industrie des cuirs et peaux, puis les produits chimiques usités en hongroierie et mégisserie, les végétaux tannants et les matières tinctoriales pour les peaux et la maroquinerie. Vient ensuite la préparation des peaux brutes pour cuirs forts, le tannage des cuirs forts et la fabrication des cuirs minces. Les chapitres suivants sont consacrés à l'examen du corroyage, qui donne aux peaux les qualités spéciales nécessaires suivant les industries qui les emploient : [illegible]. L'art de vernir les cuirs est décrit très complètement. Viennent ensuite la hongroierie, la mégisserie, la chamoiserie et la pelleterie. L'ouvrage se termine par la maroquinerie, l'impression et la teinture sur cuir, la parcheminerie et la ganterie.

L'industrie et le Commerce des Tissus, en France et dans les différents pays, par G. JOULIN, chimiste au Laboratoire municipal, 1895, 1 vol. in-16 de 340 pages, avec [illegible] fig., cartonné .... 4 fr.

Après avoir décrit les opérations préliminaires du tissage et les opérations spéciales pour étoffes façonnées, M. Joulin consacre des chapitres distincts aux tissus [illegible] en lin, en chanvre, à la soie et à la laine [illegible].

L'Eau dans l'Industrie, par P. GUICHARD, 1894, 1 vol. in-16 de 417 pages, avec 80 figures, cartonné.................. 5 fr.

M. Guichard s'occupe d'abord de l'analyse chimique, microscopique et bactériologique de l'eau, puis de la purification des eaux naturelles, par les procédés physiques ou chimiques. Il passe en revue les différentes espèces d'eaux employées, puis il étudie la fabrication et l'emploi de la glace, et l'emploi de l'eau à l'état liquide dans les industries alimentaires, dans la teinturerie, la papeterie, les industries chimiques, etc. Il traite ensuite des eaux résiduaires et de leur purification.

L'Eau potable, par F. CORREIL, directeur du laboratoire municipal de Toulon, 1896, 1 vol. in-16 de 359 pages, avec 136 figures, cartonné.. 4 fr.

Éléments et caractères de l'eau potable. Analyse chimique, [illegible], analyse qualitative et quantitative. Examen microscopique. Analyse bactériologique. Amélioration et stérilisation des eaux.

Les Eaux d'Alimentation, épuration, filtration, stérilisation, par ED. GUINOCHET, pharmacien en chef de l'hôpital de la Charité, 1894, 1 vol. in-16 de 370 pages, avec 52 fig., cart. 4 fr.

I. *Filtration centrale*: Galeries filtrantes, filtres à sable, puits Lefort, procédés industriels. — II. *Filtration domestique*: *Épuration par les substances chimiques, filtres domestiques. Nettoyage et stérilisation des filtres* (Nettoyeur André, Expériences de M. Guinochet, stérilisation des bougies filtrantes). — III. *Stérilisation par la chaleur*: *Action de la chaleur, appareils stérilisateurs.*

L'Industrie du Blanchissage et les blanchisseries, par A. BAILLY, 1895, 1 vol. in-16 de 183 p., avec 103 fig., cart. 4 fr.

Ce livre est divisé en trois parties: 1° *le blanchiment des tissus neufs, des fils et des cotons*; 2° *le blanchissage domestique du linge dans les familles*; 3° *le blanchissage industriel*. L'ouvrage débute par une étude des matières premières employées dans cette industrie. À la fin sont groupés les renseignements sur les installations et l'exploitation [illegible] des usines de blanchisserie: on y trouvera décrits: 1° *l'installation et l'organisation des lavoirs publics*; 2° *les blanchisseries spéciales du linge des hôpitaux, des restaurants, des hôtels, à voyageurs, des établissements civils et militaires*; 3° *la manière d'établir la comptabilité du linge à blanchir et les relations entre le directeur des usines, leur personnel et leur clientèle.*

L'Industrie de la Soude, par G. HALPHEN, 1895, 1 vol. in-16 de 368 pages, avec 91 figures, cartonné.................. 4 fr.

Cet ouvrage renferme: 1° L'exposé des propriétés et des modes d'extraction des matières premières; 2° L'étude des anciennes méthodes de fabrication de la soude; 3° La marche détaillée des procédés actuellement en usage dans les soudières, ce qui a nécessité des études spéciales de la fabrication du sulfate de soude, de la condensation de l'acide chlorhydrique, de la régénération de l'ammoniaque et du chlore dans le procédé à l'ammoniaque, [illegible] du soufre dans les marcs [illegible] de soude Leblanc; 4° Les [illegible] relatives à la fabrication de la soude caustique; 5° Les principaux procédés de fabrication de la soude par la cryolithe et les sulfures doubles.

L'Or, propriétés physiques et chimiques, gisements, extraction, applications, dosage, par L. WEILL, ingénieur des mines. Introduction par U. LE VERRIER, professeur de métallurgie au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'École des mines, 1896, 1 vol. in-16 de 420 pages, avec 67 figures, cartonné........................ 5 fr.

Propriétés physiques et chimiques; dosage. Géologie: minerais, gisement. Métallurgie: voie sèche, amalgamation et chloruration. Élaboration: alliages, frappe des monnaies. Orfèvrerie: argenture. Rôle économique: commerce, statistique, avenir.

L'Argent, géologie, métallurgie, rôle économique, par LOUIS DE LAUNAY, professeur à l'École des mines, 1896, 1 vol. in-16 de 382 pages, avec 80 figures, cartonné........................ 5 fr.

Propriétés physiques et chimiques. — Gisements: Gisements filoniens; [illegible]. — Alluvions argentifères. — Extraction. — Applications. — Orfèvrerie. — [illegible]. — Monnaies. — Dosage. — Essai des minerais. — Essai des alliages.

Le Cuivre, par PAUL WEISS, 1893, 1 vol. in-16 de 344 pages, avec 80 figures, cartonné........................ 5 fr.

M. P. Weiss résume en un volume portatif toutes les données actuelles sur les gisements, la métallurgie et les applications du cuivre.

Dans une première partie, M. Weiss passe en revue l'origine, les gisements, les propriétés et les alliages du cuivre. Dans la deuxième partie, il passe en revue le grillage des minerais, la fabrication de la matte bronze, la transformation de la matte bronze en cuivre noir, l'affinage du cuivre brut et le traitement des minerais de cuivre par la voie humide.

La troisième partie traite des applications du cuivre, de son marché, de son emploi, de la fabrication et de l'emploi des planches de cuivre (chaudronnerie, etc.), de l'emploi du cuivre en électricité (tréfilerie, etc.), de la fonderie du cuivre et de ses alliages, enfin des bronzes et laitons.

L'Aluminium, par A. LEJEAL. Introduction par U. LE VERRIER, professeur à l'École des mines, 1894, 1 vol. in-16 de 357 pages avec 36 figures, cartonné........................ 5 fr.

Le volume débute par un exposé historique et économique. Vient ensuite l'étude des propriétés physiques et chimiques de l'aluminium et de ses sels, l'étude des minerais et de la fabrication des produits aluminiques. Les chapitres suivants sont consacrés à la métallurgie (procédés chimiques, électrothermiques et électrolytiques), aux alliages, aux emplois de l'aluminium, à l'analyse et à l'essai des produits aluminiques, enfin au mode de travail et aux usages de l'aluminium.

Le volume se termine par l'histoire des autres métaux terreux et alcalino-terreux: manganèse, baryum et strontium, calcium et magnésium.

Les Minéraux utiles et l'Exploitation des Mines, par KNAB, répétiteur à l'École centrale, 1894, 1 vol. in-16 de 392 pages, avec 74 figures, cartonné........................ 5 fr.

Dans une première partie, *Gîte des minéraux utiles*, M. Knab expose les faits géologiques qui mènent à la connaissance du gisement des minéraux, il décrit les gîtes métallifères, les combustibles minéraux, le sel gemme, les minerais, les mines de la France et des colonies et expose les principes qui doivent guider pour la reconnaissance des mines.

La seconde partie, *Exploitation des minéraux utiles*, traite de l'attaque de la masse minérale (*abatage, voies de communication, exploitation*), et des transports de toute nature effectués dans le sein de la terre (*roulage, aérage, extraction*). L'éclairage, le sauvetage des hommes, les accidents des mines forment, sous le titre de *Services divers*, un groupe à part. Enfin, sous le nom de *Préparation mécanique des minerais*, l'auteur suit les minerais au delà de l'instant où ils ont été amenés au jour, en vue de les livrer aux usines dans un état mieux approprié aux traitements à subir.

Précis de Physique industrielle, par H. PÉCHEUX, professeur à l'École pratique de commerce et d'industrie de Limoges. Introduction par M. PAUL JACQUEMART, inspecteur général de l'enseignement technique, 1899, 1 vol. in-16 de 510 pages, avec 640 figures, cartonné .... 6 fr.

Le livre de M. Pécheux, répondant exactement au programme de physique des Écoles pratiques de commerce et d'industrie, est appelé à rendre d'utiles services aux élèves des Écoles pratiques et à tous les jeunes gens qui se destinent à l'industrie et qui doivent se familiariser avec les grands phénomènes physiques qu'ils sont exposés à rencontrer, dans tous les ateliers, en même temps qu'à toute une catégorie de jeunes gens mis dans l'impossibilité de suivre leur enseignement.

Traité d'Électricité industrielle, par H. BUSQUET, professeur à l'École industrielle de Lyon, 1900, 2 vol. in-16 de 500 pages chacun, avec 400 figures, cartonné .... 12 fr.

Il n'existait pas encore un véritable livre d'initiation qui permît d'aborder les questions d'électricité industrielle sans avoir fait au préalable des études spéciales. C'est cette lacune que l'auteur s'est proposé de combler en voulant exposer simplement et sans le secours des hautes mathématiques les phénomènes électriques, sans rien sacrifier toutefois des principes exacts qui servent de base à l'électricité industrielle.

Le Monteur électricien, par E. BARNI, ingénieur-électricien et A. MONTPELLIER, rédacteur en chef de *l'Électricien*, 1900, 1 vol. in-16 de 500 pages, avec 120 figures, cartonné .... 5 fr.

Dynamos. — Lampes à arc et à incandescence. — Appareils auxiliaires. — Lignes aériennes et souterraines. — Canalisations intérieures. — Calculs et mesure des canalisations. — Accumulateurs. — Courant alternatif et courants polyphasés. — Distribution de l'énergie électrique. — Moteurs.

La Galvanoplastie, *le nickelage, l'argenture, la dorure, l'électrométallurgie et les applications chimiques de l'électrolyse,* par E. BOUANT, agrégé des sciences physiques, 1894, 1 vol. in-16 de 400 pages, avec 32 figures, cartonné .... 5 fr.

I. *Notions générales sur l'électrolyse:* Unités pratiques de mesure. Sources d'électricité employées dans les opérations électrolytiques: Piles, accumulateurs, machines [illegible]. — II. *Galvanoplastie.* [illegible] Disposition des bains, [illegible]. — III. *Électrochimie:* Décapage, cuivrage, argenture, dorure, [illegible] par les dépôts métalliques. — IV. *Électrométallurgie.* — V. *Applications chimiques de l'électrolyse:* Épuration des eaux, [illegible], blanchiment, fabrication du chlore, tannage, préparation de l'oxygène, etc.

La Traction mécanique et les Voitures automobiles, par G. LEROUX et A. REVEL, ingénieurs du service de la traction mécanique à la Compagnie générale des Omnibus, 1900, 1 vol. in-16 de 294 pages, avec 105 figures, cartonné. 5 fr.

Les auteurs ont d'abord consacré un chapitre spécial à l'examen des organes qui sont communs à tous les systèmes. Puis ils passent en revue les TRAMWAYS À VAPEUR, À AIR COMPRIMÉ ET À GAZ, les TRAMWAYS ÉLECTRIQUES et les TRAMWAYS [illegible]. Les trois derniers chapitres sont consacrés aux VOITURES AUTOMOBILES, voitures à vapeur, voitures à moteurs à pétrole et voitures électriques, et à la description des principaux types d'automobiles.

Chaux et Ciments, par E. LEDUC, directeur technique du laboratoire de contrôle des usines et des essais des chaux et ciments du service du génie militaire. 1902, 1 vol. in-16 de 250 pages, avec figures, cartonné .... 5 fr.

L'Industrie des Matières colorantes, par J. DUPONT, professeur à l'Institut commercial, chargé de conférences technologiques à l'École de physique et de chimie industrielles. Préface par Ch. LAUTH, directeur de l'École de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris. 1902, 1 vol. in-16 de 304 pages, avec 31 figures, cartonné........................ 5 fr.

Matières colorantes naturelles : bois de teinture, préparation des extraits. Autres matières végétales : indigo, pastel, garance, gaude, [illegible], orseille, etc. Matières colorantes animales.

Matières colorantes artificielles. Le goudron de houille, traitement, examen des matières premières, [illegible]. Matières diverses : dérivés nitrés, azoïques, [illegible]. Dérivés de l'anthracène, du diphénylméthane et du triphénylméthane, de la quinoléine, etc.

Applications des matières colorantes : les fibres textiles, teinture directe, application sur mordants, formation de la couleur sur la fibre.

La Machine à vapeur, par A. WITZ, docteur ès sciences, ingénieur des arts et manufactures. 2e édition entièrement refondue, 1902, 1 vol. in-16 de 300 p., avec 100 fig., cartonné. 5 fr.

Théorie [illegible] et expérimentale de la machine à vapeur. [illegible] Classification des machines à vapeur. [illegible] Organes de la machine à vapeur. Types de machines, machines à grande vitesse. [illegible] horizontales et verticales. Machines locomobiles [illegible] compound, machines rotatives et [illegible].

Les Chemins de fer, par A. SCHOELLER, ingénieur des arts et manufactures, inspecteur de l'exploitation du chemin de fer du Nord. 2e édition, 1902, 1 vol. in-16 de [illegible] pages, avec [illegible] figures, cartonné........................ 5 fr.

Construction, exploitation, traction. La voie, les gares, les signaux, les appareils de [illegible], la marche des trains, la locomotive, les véhicules, les chemins de fer [illegible] — de montagne. — à voie étroite. Les tramways et les chemins de fer [illegible].

L'Acétylène, par L. LEFÈVRE, professeur à l'École des sciences de Nantes. 1897, 1 vol. in-16 de [illegible] pages, avec figures, cartonné........................ 5 fr.

Le carbure de calcium, préparation et fabrication industrielle, propriétés, [illegible]. Préparation de l'acétylène. Générateurs divers. Acétylène liquide, [illegible]. Éclairage : brûleurs, becs, etc. [illegible]. Règlements [illegible].

